

(19)



(11)

EP 4 432 778 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.09.2024 Patentblatt 2024/38

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H05B 3/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24163486.4**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H05B 3/06; H05B 2203/022; H05B 2203/024

(22) Anmeldetag: **14.03.2024**

(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 ME MK MT NL
 NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
 Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

(72) Erfinder:
 • **Mangold, Hubert**
82491 Grainau (DE)
 • **Mangold, Tobias**
82467 Garmisch-Partenkirchen (DE)
 • **Fritz, Tobias**
82445 Schwaigen (DE)
 • **Vehlen, Frank**
50321 Brühl (DE)

(30) Priorität: **15.03.2023 DE 102023106514**

(74) Vertreter: **Weickmann & Weickmann PartmbB**
Postfach 860 820
81635 München (DE)

(71) Anmelder: **Oberland Mangold GmbH**
82438 Eschenlohe (DE)

(54) **ELEKTRISCHES WIDERSTANDS-HEIZEINHEIT SOWIE DAMIT AUSGESTATTETES RAUCHGAS-BEHANDLUNGSMODUL**

(57) Durch den mehrlagig angeordneten dünnen Folienstreifen (2) als Heizelement (2) kann die Widerstands-Heizeinheit (50) schnell aufgeheizt werden und wegen der großen Oberfläche wird die hindurchströmende Luft sehr schnell auf Temperatur gebracht, sodass die Widerstands-Heizeinheit (50) eine kompakte Bau-

form besitzt und dennoch einfach und kostengünstig herzustellen ist. Insbesondere kann die Widerstand-Heizeinheit (50) im Rahmen eines Rauchgas-Behandlungsmoduls (100) zum Behandeln der Abgase eines Ofens, in dem z.B. Scheitholz verbrannt wird, eingesetzt werden.

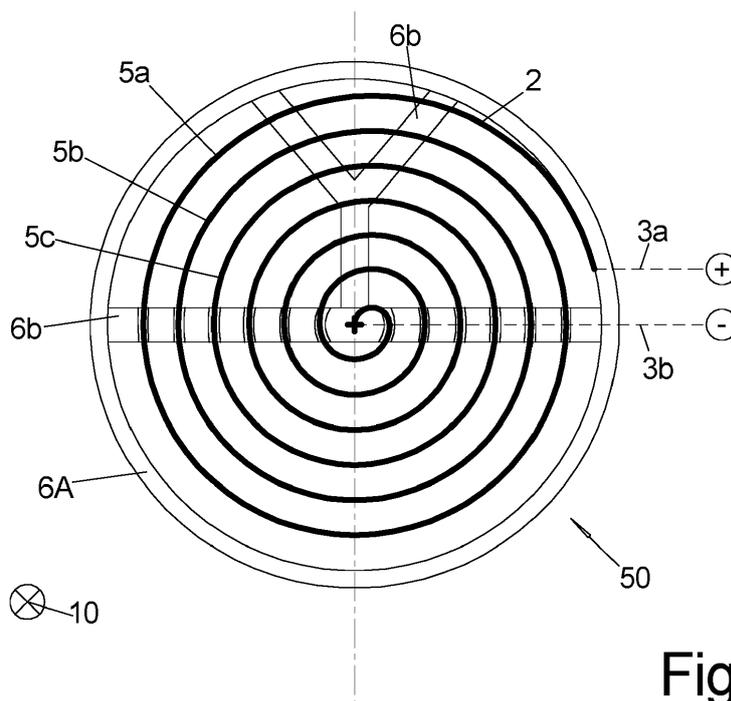


Fig. 1b

EP 4 432 778 A2

Beschreibung

I. Anwendungsgebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine elektrische Widerstands-Heizeinheit, die von einem Fluid durchtreten werden kann, sei es zum Aufheizen von Raumluft, für die, insbesondere katalytische, Nachbehandlung der hindurchströmenden Rauchgase von Feuerungsanlagen, insbesondere Klein-Feuerungsanlagen wie Kaminöfen, zum Verbrennen von nachwachsenden festen Brennstoffen, insbesondere Holz oder für andere, auch industrielle, Zwecke, zum Beispiel zur Erwärmung von gasförmigen oder flüssigen Medien.

II. Technischer Hintergrund

[0002] Elektrische Widerstands-Heizeinheiten, die mittels eines elektrischen Widerstands-Heizelementes ein hindurchströmendes Fluid, meist ein Gas, schnell und gesteuert aufheizen sollen, sind für unterschiedliche Zwecke - vom Aufheizen der Raumluft bis zum Erzeugen eines Heißluftstromes für das Schweißen von Kunststoff oder die Abgas-Nachbehandlung von Verbrennungsmotoren - in vielen verschiedenen Bauformen bekannt.

[0003] Sie müssen jedoch auf den jeweiligen Anwendungszweck hin optimiert sein, etwa für die Rauchgasbehandlung von Klein-Feuerungsanlagen, die nachwachsende und fossile feste Brennstoffe verbrennen, verwendet werden.

[0004] Die Verbrennung von Holz, gerade von Scheitholz, in z.B. Kaminöfen ohne automatische Regelung, läuft nie vollständig ab und es entstehen neben Kohlenmonoxid auch andere gesundheitsgefährdende, gasförmige Luftschadstoffe wie etwa polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), auch klimaschädliches Methan oder Lachgas, daneben gesundheitsschädliche Feinstäube, insbesondere Ruß.

[0005] In der **ersten Phase**, der Erwärmung und Trocknung, verdampft das im Brennstoff gespeicherte Wasser und sonstige leicht flüchtige Stoffe.

[0006] In der **zweiten Phase**, der Pyrolyse, zersetzt sich der Brennstoff bei Temperaturen ab etwa 150°C. Dabei entsteht ein Gasgemisch, das - neben anderen Verbindungen - auch Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffe enthält. Daneben bilden sich Öle und Teere, die sich bei höheren Temperaturen weiter zersetzen.

[0007] In der **dritten Phase**, ab einer Temperatur von etwa 400 bis 500°C vergasen auch die festen organischen Bestandteile und verbinden sich mit Luftsauerstoff überwiegend zu Kohlenmonoxid. Vom ursprünglichen Holz ist in diesem Stadium nur noch Holzkohle übrig.

[0008] In der **vierten Phase**, der eigentlichen Verbrennung, bei etwa 550 bis 1000°C, reagieren die in den ersten beiden Phasen gebildeten Gase mit zusätzlichem Luftsauerstoff zu Kohlendioxid und Wasser. Auch übrig gebliebene Holzkohle verbrennt mit der Zeit im Glutbett fast vollständig. Als meist einziger Verbrennungsrück-

stand bleibt Asche übrig.

[0009] Die einzelnen Phasen der Verbrennung lassen sich am Feuer optisch gut erkennen.

[0010] Daraus wird klar, dass vor allem die Anbrenn-Phase relativ lang dauert, und dabei wegen zu geringer Temperatur der Rauchgase der Katalysator die Schadstoffe nur teilweise entfernen kann.

[0011] Aus gesteuerten Feuerungsanlagen, insbesondere Groß-Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe oder Verbrennungsmotoren für flüssige oder gasförmige Brennstoffe, insbesondere Kraftfahrzeug-Verbrennungsmotoren, ist im Rahmen der katalytischen Nachbehandlung der Abgase auch das Nachheizen der Abgase in den Anlaufphasen bei zu niedrigen Rauchgas-Temperaturen bekannt.

[0012] Jedoch handelt es sich dabei um in der Regel vollständig überwachte und reproduzierbar ablaufende Verbrennungsvorgänge, sodass eine Vielzahl von überwachten Parametern für die Steuerung der Abgas-Nachbehandlung und insbesondere der Heizeinheit für die Abgase zur Verfügung stehen.

[0013] Zusätzlich werden Klein-Feuerungsanlagen von Laien bedient, was die Steuerung der Rauchgas-Nachbehandlung zusätzlich erschwert, vor allem wenn solche Klein-Feuerungsanlagen nur über den vom Kamin erzeugten Naturzug verfügen.

[0014] In Großfeuerungsanlagen sind die Strömungsgeschwindigkeit und der Druck der meist mittels eines Gebläses abgeführten Abgasen sehr viel höher als bei einem beispielsweise Kaminofen und erst recht bei den Abgasen von Verbrennungsmotoren.

[0015] Auch der hierfür zur Verfügung stehende Kostenrahmen ist wesentlich größer als bei Klein-Feuerungsanlagen.

[0016] Des Weiteren gibt es wegen der Langlebigkeit solcher Klein-Feuerungsanlagen wie Kaminöfen oder Kachelöfen einen hohen Bestand an alten, ungesteuerten Anlagen, für die eine Nachrüst-Möglichkeit benötigt wird, die entweder in der Feuerungsanlage - nachfolgend kurz Ofen - selbst oder in dessen Rauchgas-Strang bis hinauf zum Kaminkopf untergebracht werden müsste.

III. Darstellung der Erfindung

a) Technische Aufgabe

[0017] Es ist daher die Aufgabe gemäß der Erfindung, eine elektrische Widerstands-Heizeinheit, vorzugsweise ein gesamtes Rauchgas-Nachbehandlungsmodul mit Katalysator und ggfs. Staubabscheider, zur Verfügung zu stellen, welche insbesondere über eine eigene elektrische Steuerung verfügt und deshalb auch bei nur manuell gesteuerten Feuerungsanlagen einsetzbar und insbesondere nachrüstbar ist und aufgrund einfacher Herstellbarkeit den dafür zur Verfügung stehenden niedrigen Kostenrahmen einhält sowie eine sehr schnelle Aufheizung der Rauchgase ermöglicht.

b) Lösung der Aufgabe

[0018] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Ansprüche 1, 13 und 17 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0019] Eine elektrische Widerstands-Heizeinheit umfasst gattungsgemäß ein Heizelement, welches einen elektrischen Widerstand aufweist und sich bei Bestromung deshalb erhitzt, welches mindestens zwei elektrische Anschlüsse aufweist, vorzugsweise an zwei einander gegenüberliegenden Enden des Heizelementes, damit der Strömungspfad dazwischen für den elektrischen Strom möglichst lang ist, entlang dessen sich das Heizelement aufheizt.

[0020] Ferner ist ein elektrisch isolierendes Isolierelement vorhanden, welches einerseits einen Kurzschluss im Heizelement verhindert und damit insbesondere eine Verkürzung des Strömungspfades für den elektrischen Strom verhindert und andererseits einen elektrischen Kontakt des stromführenden Heizelementes zur Umgebung hin unterbindet.

[0021] Bereits an dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass das erfindungsgemäße Widerstands-Heizeinheit nicht auf Ausführungsformen, wie zum Beispiel eine Rauchgas-Behandlungseinheit, und die dafür üblichen Baugrößen beschränkt werden soll. Die erfindungsgemäße Widerstands-Heizeinheit kann für unterschiedlichste Anwendungen einsetzbar sein, insbesondere für die Erwärmung von gasförmigem Fluid. Ebenso ist es denkbar, dass das erfindungsgemäße Widerstands-Heizeinheit miniaturisiert, gegebenenfalls sogar im Nanotechnologiebereich, oder hochskaliert, zum Beispiel im Bereich von Gebäudetechnik, zum Einsatz kommen kann.

[0022] Ferner ist vorzugsweise ein Tragkörper vorhanden, der das Heizelement trägt und um das Heizelement damit an einem Bauteil der Umgebung befestigen zu können. Falls das Heizelement, gegebenenfalls zusammen mit dem Isolierelement, selbsttragend und eigenstabil ausgebildet ist, ist ein solcher Tragkörper verzichtbar oder integral zusammen mit dem Isolierelement oder dem Heizelement ausgebildet.

[0023] In der Regel ist bereits der Tragkörper - sofern vorhanden - nicht mehr elektrisch leitend, und/oder gegenüber dem Heizelement elektrisch isoliert, beispielsweise mittels des elektrischen isolierenden Isolierelementes, und für diesen Zweck können Tragkörper und Isolierelement auch ganz oder teilweise in einem Bauteil funktionsvereinigt sein.

[0024] Der Tragkörper kann einen in einer Querebene zur Durchtrittsrichtung liegenden Stützkörper, insbesondere in Form von schmalen Stützstreben, aufweisen, welche eine oder beide in oder entgegen der Durchtrittsrichtung weisende Stirnflächen des Heizelementes abstützen.

[0025] Die Stützstreben können sich dabei verzweigen, zum Beispiel jeweils nach radial außen Y-förmig. Alternativ oder zusätzlich kann der Stützkörper waben-

artig angeordnete Stützstreben aufweisen. Der Stützkörper bzw. die Stützstreben kann/können Nuten oder Schlitze aufweisen, welche zur Aufnahme des Folienstreifens eingerichtet sind.

5 **[0026]** Der Tragkörper kann auch ein Hüllrohr aufweisen, welches das Heizelement umgibt und in Durchtrittsrichtung stirnseitig jeweils offen ist.

[0027] Das Tragelement eine Mehrzahl gleicher Stützstreben umfassen, welche am Hüllrohr gehalten sind und sich in einer im Wesentlichen radialen Richtung nach innen erstrecken. Die Stützstreben an zueinander gleichen Stellen Nuten zur Aufnahme des Heizelements aufweisen. Durch eine Verlagerung der radial inneren freien Enden der Stützstreben können die freien Enden entlang einer Spirallinie angeordnet werden, sodass auch die Nuten der Stützstreben insgesamt eine Spiralförmigkeit annehmen, wodurch wiederum ein Heizelement spiralförmig entlang der Nuten der Stützstreben, das heißt quer zu einer Längsrichtung der Stützstreben verlaufend, angeordnet und in dem Hüllrohr verlegt werden kann.

20 **[0028]** Analog zu dem Tragkörper können auch die einzelnen Stützstreben ein isolierendes Material umfassen bzw. mit einem isolierenden Material beschichtet sein, welches zusätzlich beispielsweise katalytisch aktiv sein kann.

[0029] Das Tragelement kann einzelne Untermodule umfassen, aus welchen das Tragelement beziehungsweise das Tragkörper-Isolierelement-Kombinationselement zusammengesetzt werden kann.

30 **[0030]** Der Tragkörper kann ein elektrisch nicht-leitendes, zum Beispiel keramisches, Element sein. Der Tragkörper beziehungsweise das Tragkörper-Isolierelement-Kombinationselement kann auch einen elektrisch leitenden Grundkörper aufweisen, welches mit einer elektrisch nicht-leitenden Schicht beschichtet ist.

35 **[0031]** Vor dem vollständigen Aushärten eines keramischen Elements wird dieses üblicherweise als "Grünling" bezeichnet. Im Grünlings-Zustand des Tragkörpers kann das Heizelement in den Grünling eingedrückt werden, sodass eine formschlüssige Verbindung zwischen Heizelement und Tragkörper hergestellt werden kann.

40 **[0032]** Um dieses Eindringen des Heizelements in den Tragkörper zu erleichtern, kann das Heizelement an wenigstens einer Seitenfläche (bei einem Folienstreifen, an wenigstens einer Kante) vorstehende Elemente aufweisen, wie zum Beispiel Dorne. Die Dorne können dabei einstückig mit dem Heizelement ausgebildet sein. Im Fall eines Folienstreifens, können die Dorne als im Wesentlichen dreieckige Vorsprünge an wenigstens einer Kante des Folienstreifens ausgebildet sein.

[0033] Im Übrigen kann der Tragkörper an einer oder beiden Seiten des Heizelements angeordnet sein. Ebenso kann die Geometrie vielfältig sein, insbesondere die weiter oben beschriebene Y-Form.

50 **[0034]** Ebenso ist es denkbar, dass, anstelle einer gestapelten Anordnung, eine weitere Reihe von Tragkörper und Heizelement um das erste Heizelement herum angeordnet sein kann. Ebenso kann der Tragkörper aus

einer durchlässigen und/oder permeable Struktur ausgebildet sein. Dabei kann der Tragkörper zugleich auch Funktionen des Hezelements aufweisen.

[0035] Durch die erwähnten Bauteile wird mindestens ein Kanal in dem Widerstands-Hezelement geschaffen, durch den hindurch das aufzuheizende Fluid das Widerstands-Hezeinheit von der einen zur anderen Stirnseite zum Zwecke des Wärmetransports durchtreten kann. Dabei kann der wenigstens eine Kanal durchströmt werden und/oder in einer permeablen Weise beispielsweise durch Diffusion durchtreten werden.

[0036] In der Praxis ist dies meist eine Vielzahl von Kanälen, um mit Hilfe der Wände der Kanäle eine große Kontaktfläche zwischen dem hindurchströmenden Fluid und dem elektrischen Hezelement zu bieten.

[0037] Da das hindurchtretende Medium in aller Regel gesteuert aufgeheizt werden soll, umfasst eine gattungsgemäße Hezeinrichtung in aller Regel einen Temperatur-Sensor, der entweder direkt die Temperatur des hindurchtretenden Fluids misst oder die Temperatur des Hezelements misst oder auch die Temperatur eines anderen Bauteils der Hezeinheit, vor allem an der Auslassseite der Strömung, sowie eine datentechnisch mit einem solchen Temperatur-Sensor verbundenen Steuerung zum Steuern der Widerstands-Hezeinheit und insbesondere von dessen Hezelement, wobei es sich bevorzugt um eine Regelung handelt, bei der der Temperatur-Sensor Teil des Regelkreises ist. Eine solche Steuerung kann für die Widerstands-Hezeinheit als gesonderte Steuerung oder in eine Steuerung einer mit der Widerstands-Hezeinheit verbundenen Einheit, wie zum Beispiel einer Feuerungsanlage, integriert vorgesehen sein. Ebenso ist es natürlich denkbar, dass die Steuerung der mit der Widerstands-Hezeinheit verbundenen Einheit in die Steuerung der Widerstands-Hezeinheit integriert sein kann. Für den Fall, dass die Steuerung der Widerstands-Hezeinheit von einer Steuerung der verbundenen Einheit gesondert ausgebildet sein sollte, kann natürlich eine Kommunikation, im Sinne eines Datenaustauschs, zwischen den beiden Steuerungen/Regelungen vorgesehen sein.

[0038] Als Regelgröße für die Temperatur des Hezelements und des zu erwärmenden Mediums kann eine Messung der Temperatur über einen Temperatursensor erfolgen und/oder eine Berechnung der Temperatur kann über eine Änderung des spezifischen elektrischen Widerstandes des metallischen Heizleiters bei einer Temperaturänderung erfolgen.

[0039] Dies kann auch eine Begrenzung der maximalen Temperatur der Widerstands-Hezeinheit gemäß einer zulässigen Oberflächentemperatur des Hezelements oder des zu erwärmenden Mediums an einer Austrittsöffnung der Widerstands-Hezeinheit umfassen. Dabei kann die Temperaturbegrenzung auch selbstbegrenzend stattfinden.

[0040] Erfindungsgemäß wird als Hezelement ein elektrisch leitender, insbesondere metallischer, Folienstreifen verwendet, der in mehreren Lagen angeordnet

ist, insbesondere indem der Folienstreifen in mehreren Lagen gewickelt, gewunden, gefaltet oder gestapelt ist, insbesondere in regel- oder unregelmäßigen Abständen zueinander. Der elektrisch leitende Folienstreifen kann dreidimensional strukturiert sein und/oder Durchbrüche aufweisen.

[0041] Unter einem Folienstreifen wird insbesondere ein solcher verstanden, der eine Dicke von unter 250 μm , insbesondere von unter 150 μm , insbesondere unter 100 μm , insbesondere unter 80 μm , insbesondere unter 60 μm aufweist.

[0042] Beispielsweise kann das Material, aus welchem der Folienstreifen ausgebildet ist, Siliciumcarbid umfassen.

[0043] Trotz des Ziels der Reduzierung der Masse des Hezelementes sollte der elektrisch leitende Folienstreifen dennoch vorzugsweise eine Dicke von über 10 μm , insbesondere über 20 μm , insbesondere über 30 μm , insbesondere über 40 μm aufweisen.

[0044] Hierfür sollte die Haupt-Erstreckungsrichtung jeder Lage zumindest eine Komponente in Durchgangsrichtung aufweisen.

[0045] Bei mehreren Folienstreifen als Hezelement sind die einzelnen Folienstreifen vorzugsweise separat ansteuerbar, was die Leistungssteuerung der Hezeinheit vereinfacht.

[0046] Vorzugsweise ist die Länge des Folienstreifens mindestens um den Faktor 10, insbesondere den Faktor 30, insbesondere den Faktor 50, insbesondere den Faktor 100, insbesondere den Faktor 500, insbesondere den Faktor 800, insbesondere den Faktor 1000 größer als seine Breite, jeweils gemessen entlang der Hauptebene des Folienstreifens, die bei eben ausgelegtem Folienstreifen durch diesen definiert wird.

[0047] Die Länge des Folienstreifens kann entsprechend der jeweiligen Anwendung bzw. entsprechend der Bauform der Widerstands-Hezeinheit gewählt werden. Zum Beispiel kann die Länge des Folienstreifens unterhalb von 1 m oder von 2 m sein. Bei anderen Bauformen kann eine Länge des Folienstreifens sinnvoll sein, welche mindestens 2 m, insbesondere mindestens 4 m, insbesondere mindestens 10 m, insbesondere mindestens 40 m beträgt.

[0048] Diese Parameter haben sich als vorteilhaft erwiesen, um eine elektrische Widerstands-Hezeinheit zu schaffen, bei der die elektrisch aufzuheizende Masse des Hezelementes gering ist und daher schnell aufgeheizt werden kann.

[0049] Vorzugsweise besitzt der Folienstreifen eine entlang seiner Länge gleichbleibende Breite, insbesondere von maximal 5 cm, insbesondere maximal 3 cm, insbesondere maximal 2 cm.

[0050] Der elektrisch leitende Folienstreifen kann, unabhängig davon, ob die Breite gleichbleibend oder variierend ist, vorzugsweise eine Breite von über 5 mm, insbesondere über 10 mm, insbesondere über 30 mm, insbesondere über 50 mm, aufweisen.

[0051] Ferner kann der elektrisch leitende Folienstreifen

fen wenigstens bereichsweise eine katalytische und/oder isolierende Beschichtung aufweisen.

[0052] Unter einem elektrisch leitenden Material, insbesondere des Folienstreifens, wird eine elektrische Leitfähigkeit verstanden, die mindestens 0,4 S/cm, insbesondere mindestens 0,5 S/cm, insbesondere mindestens 0,6 S/cm beträgt.

[0053] Unter einem elektrisch isolierenden Material, insbesondere des Isolierelementes, wird eine elektrische Leitfähigkeit verstanden, die höchstens 10 S/cm, insbesondere höchstens 7 S/cm, insbesondere höchstens 14 S/cm beträgt.

[0054] Vorzugsweise sollte hierfür der Soliduspunkt oder der Teigpunkt, der gesamten Widerstands-Heizeinheit, insbesondere des Heizelementes und/oder des Isolierelementes, mindestens 500°C, insbesondere mindestens 700°C, insbesondere mindestens 900°C betragen, um mit hohen Temperaturen das Hindurchtretende Fluid schnell aufheizen zu können.

[0055] Der elektrisch leitende Folienstreifen kann auch eine katalytische Beschichtung aufweisen eine zusätzliche Nutzung der Heizeinheit als Katalysator ermöglichen.

[0056] Auch die folgenden Parameter tragen zu einer Optimierung der elektrischen Widerstands-Heizeinheit bei.

- Der elektrisch leitende Folienstreifen sollte einen elektrischen Widerstand zwischen 0,1 - 230 Ohm, insbesondere zwischen 1 - 50 Ohm, insbesondere zwischen 10 - 30 Ohm aufweisen und/oder
- der elektrisch leitende Folienstreifen sollte eine Wärmeleitfähigkeit von 5 - 100 W/(m K), insbesondere von 7 - 50 W/(m K), insbesondere von 8 - 20 W/(m K), insbesondere von 9,8 - 12,4 W/(m K) aufweisen und/oder
- der elektrisch leitende Folienstreifen sollte in seinem Verlauf überall gleich breit sein. und/oder das Heizelement (2) sollte in Durchgangsrichtung (10') betrachtet eine Porosität von mindestens 70%, insbesondere mindestens 80%, insbesondere mindestens 90%, insbesondere mindestens 95%, aufweisen und/oder
- der freie Querschnitt aller Kanäle des Heizelements in Summe sollte mindestens 30%, insbesondere mindestens 50%, insbesondere 70% des Querschnitts der Widerstands-Heizeinheit betragen. und/oder
- der radiale Abstand (A) der Lagen (5a, 5b, 5c) aus elektrisch leitenden Folienstreifen (3) sollte bei der Spirale (5) maximal 10 mm, insbesondere maximal 5 mm, insbesondere maximal 3 mm, insbesondere maximal 2 mm betragen und/oder

- der radiale Abstand (A) der Lagen (5a, 5b, 5c) aus elektrisch leitenden Folienstreifen (3) bei der Spirale (5) mindestens 1,5 mm, insbesondere mindestens 2,5 mm, insbesondere mindestens 3,5 mm, beträgt und/oder
- der radiale Abstand (A) der Lagen (5a, 5b, 5c) aus elektrisch leitenden Folienstreifen (3) sollte bei der Spirale (5) die elektrische Spannung U in Volt dividiert durch 1000 bei hindurchströmender Luft und dividiert durch 100 bei hindurchströmendem Abgas betragen, jeweils mit einer Abweichung von maximal +/- 20%, insbesondere jeweils mit einer Abweichung von maximal +/- 10%, und/oder
- das Heizelement (2) sollte im eingebauten Zustand eine spezifische Oberfläche von mindestens 0,3 cm² pro cm³, insbesondere von mindestens 0,4 cm² pro cm³, insbesondere von mindestens 0,45 cm² pro cm³, aufweisen

und/oder der Folienstreifen (1) kann im 220 V-Wechselstrom-Betrieb eine elektrische Oberflächenbelastung von maximal 1,0 W/mm², insbesondere maximal 0,75 W/mm², insbesondere von maximal 0,3 W/mm², insbesondere maximal 0,2 W/mm², insbesondere maximal 0,1 W/mm² aufweisen.

[0057] In diesem Zusammenhang sind natürlich auch weitere Betriebsmöglichkeiten denkbar, wie zum Beispiel ein Betrieb bei 12 V, 24 V, 48 V, 230 V, 400 V oder darüber. Auch ist ein Gleichstrombetrieb möglich. Ebenso ist ein Anwendungsfall für das Heizelement bzw. den Folienstreifen denkbar, bei welchem die Oberflächenbelastung über 1,0 W/mm² liegt.

[0058] Alternativ oder zusätzlich zu einer Verwendung eines Folienstreifens ist es aber auch denkbar, einen offenporigen Metallschaum und/oder eine offenzellige Metallstruktur und/oder ein Peltier-Element als Heizelement bzw. als elektrischen Leiter zu verwenden.

[0059] Das Heizelement kann auch eine Vielzahl von elektrisch leitenden Leiteruntereinheiten umfassen, wie zum Beispiel ein Geflecht oder Litzen, parallel oder ungeordnet zueinander verlaufen. Auf diese Weise kann ein Durchtreten des Heizelements mit Fluid verbessert werden.

[0060] Allgemein ist es nicht zwingend erforderlich, dass das Fluid das Heizelement in lediglich einer Richtung durchströmt. Ebenso ist es denkbar, dass das Fluid das Heizelement in einer stochastischen Weise durchtritt.

[0061] Auch ist es denkbar, dass der Folienstreifen bzw. das Heizelement auf ein Trägersubstrat aufgedruckt (z.B. unter Verwendung eines Siebdruckverfahrens), gegossen oder gespritzt ist.

[0062] Das Heizelement kann, insbesondere galva-

nisch, beschichtet sein. So kann das Hezelement insbesondere einen elektrisch nicht-leitenden, beispielsweise keramischen, Grundkörper aufweisen, welcher mit einer elektrisch leitenden Schicht beschichtet ist.

[0063] Vorzugsweise kann das Isolierelement aus Keramik bestehen oder zumindest eine keramische Beschichtung aufweisen, worunter eine elektrisch nichtleitende Keramik verstanden wird. Alternativ kann das Isolierelement auch ein anderes geeignetes Material umfassen, wie zum Beispiel Vermiculit.

[0064] Unter elektrisch nichtleitend wird eine elektrische Leitfähigkeit verstanden, die unter 10^{-8} S/cm liegt, insbesondere unter 10^{-7} S/cm insbesondere unter 10^{-6} S/cm liegt.

[0065] Für eine sichere formschlüssige Befestigung des elektrisch leitenden Folienstreifens im oder am Tragkörper kann dieser Aussparungen, beispielsweise Schlitzze, aufweisen, in der der Folienstreifen randseitig eingesteckt werden kann, oder Durchlässe, durch die der Folienstreifen hindurchgefädelt werden kann. Alternativ kann der Folienstreifen auch selbsttragend ausgebildet sein, sodass ein Tragkörper bei der Widerstands-Heizeinheit auch weggelassen werden kann.

[0066] Insbesondere wenn der Tragkörper teilweise oder vollständig identisch mit dem Isolierelement ist, kann dies auch oder stattdessen für das Isolierelement gelten.

[0067] Der Tragkörper kann zumindest teilweise außerhalb der Länge des - in Durchgangsrichtung des aufzuheizenden Fluids gemessenen - Erstreckung des Hezelementes, also des Folienstreifens, angeordnet sein. Die einzelnen Lagen des Folienstreifens können dann mit einem Abstand zueinander und insbesondere auf beiden Seiten des Tragkörpers kraftschlüssig oder formschlüssig oder beides befestigt sein.

[0068] Insbesondere kann sowohl an der Einströmseite als auch an der Ausströmseite des Hezelementes in Form des Folienstreifens ein Tragkörper vorhanden sein.

[0069] Sofern der Tragkörper teilweise oder vollständig identisch mit dem Isolierelement ist, kann dies auch oder stattdessen für das Isolierelement gelten.

[0070] Vorzugsweise wird das Isolierelement einen isolierenden Abstandshalter aufweisen, der sich zwischen die Lagen des elektrisch leitenden Folienstreifens hinein erstreckt und deren Kontaktierung verhindert.

[0071] Sofern der Tragkörper teilweise oder vollständig identisch mit dem Isolierelement ist, gilt dies auch oder stattdessen für den Tragkörper.

[0072] Vorzugsweise wird für eine sichere Befestigung und Halterung der Tragkörper wenigstens eine quer über mehrere Lagen des Folienstreifens hinweg verlaufende Stützstrebe aufweisen, an der die Lagen befestigt sind. Insbesondere von einer solchen Stützstrebe aus kann sich der oben beschriebene Abstandshalter zwischen die Lagen hinein vorstehen, wodurch die Lagen zumindest in einer Querrichtung zur Durchgangsrichtung formschlüssig am Tragkörper befestigt sind.

[0073] Der Folienstreifen kann aber auch in einer Aus-

nehmung zwischen zwei isolierenden Abstandshaltern angeordnet sein.

[0074] In einer Bauform kann der isolierende Abstandshalter ein, insbesondere flexibler Abstandsstreifen sein, insbesondere ein Folienstreifen aus einer isolierenden Folie.

[0075] Dies ermöglicht es insbesondere, diesen isolierenden Folienstreifen oder Abstandsstreifen zusammen mit dem elektrisch leitenden Folienstreifen zu handhaben, insbesondere, wenn deren physikalische Parameter hinsichtlich Elastizität, Abmessungen u.Ä. ähnlich sind.

[0076] So kann ein elektrisch leitender Folienstreifen zusammen mit einem elektrisch isolierenden Abstandsstreifen zu einem Hezelement mit Isolierelement gemeinsam gewickelt, gewunden, gefaltet oder gestapelt werden, insbesondere so, dass bei aufeinanderfolgenden Lagen abwechselnd ein elektrisch leitender Folienstreifen auf einen elektrisch isolierenden Abstandsstreifen oder Folienstreifen folgt.

[0077] Dies ergibt eine besonders einfache Herstellbarkeit, da dann jede Lage auf jeder ihrer Hauptseiten mit je einer anderen Lage der jeweils anderen Sorte von Streifen in Kontakt steht.

[0078] Hierdurch wird auch die Bildung der frei durchströmbaren Kanäle erleichtert, indem einer der Folienstreifen, also elektrisch leitender oder elektrisch isolierender Folienstreifen, eine solche dreidimensionale Strukturierung quer zu seiner Hauptebene aufweist, dass dadurch die in Durchgangsrichtung offenen Kanäle entstehen.

[0079] Der elektrisch isolierende Abstandsstreifen kann breiter als der bzw. die elektrisch leitenden Folienstreifen ausgebildet sein, oder umgekehrt.

[0080] Ferner können auf einem elektrisch isolierenden Abstandsstreifen, welcher insbesondere breiter als der bzw. die elektrisch leitenden Folienstreifen ausgebildet ist, in Durchgangsrichtung betrachtet, mehrere elektrisch leitende Folienstreifen aufgereiht sein. Damit die elektrisch leitenden Folienstreifen in dieser Konstellation in Abstand zueinander gehalten werden, kann ein Abstandshalter zwischen den Lagen angeordnet werden und/oder der elektrisch isolierende Abstandsstreifen weist wenigstens eine Aufnahme zur Befestigung des elektrisch leitenden Folienstreifens auf und/oder der elektrisch leitende Folienstreifen weist wenigstens eine Aufnahme zur Befestigung des elektrisch isolierenden Abstandsstreifens auf.

[0081] Wenn die Lagen, insbesondere alle Lagen, miteinander verbunden sind, kann daraus ein eigenstabiler Wabenkörper entstehen.

[0082] So kann das Hezelement aus einem elektrisch leitenden Folienstreifen bestehen, der zu in einer Spiralebene liegenden Spirale gewickelt ist mit gegeneinander elektrisch isolierten Lagen, beispielsweise isoliert gegeneinander mittels eines elektrisch nichtleitenden Abstandsstreifens.

[0083] Dabei kann es sich um eine eingängige oder

auch um eine mehrgängige Spirale handeln, wobei insbesondere die mehrgängige Spirale aus jeweils einem einzigen Folienstreifen pro Gang besteht.

[0084] Auch dies erleichtert die Herstellung unterschiedlich gestalteter und dimensionierter Bauformen von Heizeinheiten und insbesondere Heizelementen.

[0085] Das Heizelement kann jedoch auch aus zwei oder mehr aneinander anliegenden oder zueinander beabstandeten und/oder gegebenenfalls miteinander verbundenen, elektrisch leitenden Folienstreifen bestehen, von denen wenigstens einer dreidimensional strukturiert, insbesondere gewellt, oder mit zusätzlichen Elementen versehen ist, wobei sich die Wellen in Längsrichtung des Streifens aneinander anschließen, wodurch in Durchtrittsrichtung von der einen zur anderen Stirnseite offene Kanäle zwischen den beiden Folienstreifen entstehen, die zum Einstecken von Abstandsstiften benutzt werden können, über die zwei oder mehr solcher zum Beispiel Spiralen oder anders geformter Heizelemente in axialer Richtung hintereinander angeordnet und leicht miteinander verbunden werden können. Die Folienstreifen können auch getrennt voneinander bestromt und gesteuert werden.

[0086] Die Abstandsstifte bilden dann den Tragkörper, sind insbesondere elektrisch nicht leitend, oder sind Teil eines solchen Tragkörpers, der zusätzlich in Querrichtung verlaufende Stützstreben aufweisen kann, an oder durch die hindurch die Abstandsstifte angeordnet, insbesondere befestigt, werden können. Die Abstandsstifte können eventuell miteinander verbunden sein. Dies kann insbesondere erforderlich sein, sofern die Folienstreifen selbst lose und nicht miteinander verbunden, zum Beispiel verlötet und/oder vernietet und/oder verschraubt usw., sind. Insbesondere an einer Stirnseite der Widerstands-Heizeinheit, aber nicht darauf begrenzt, kann wenigstens ein Abstandsstift auch als elektrischer Anschluss für das Heizelement fungieren.

[0087] Nachzutragen ist noch, dass das Isolierelement ferner eine Rotationssicherungseinrichtung aufweisen kann. Zum Beispiel kann das Isolierelement wenigstens eine Ausnehmung und/oder wenigstens einen Vorsprung aufweisen, welche dazu eingerichtet ist, mit einem entsprechenden Vorsprung bzw. einer entsprechenden Ausnehmung eines weiteren, insbesondere zu dem Isolierelement identisch ausgebildeten, Isolierelements in Eingriff zu treten, sodass eine relative Rotation der beiden Isolierelemente verhindert werden kann. Zwischen den beiden Isolierelementen kann dann das Heizelement eingefasst und gesichert werden. Insbesondere kann der Vorsprung bzw. die Ausnehmung an einem äußeren Rand der Widerstands-Heizeinheit, insbesondere jedoch in axialer Richtung vorstehend/ausgenommen, ausgebildet sein.

[0088] Das elektrische Widerstands-Heizeinheit kann zusätzlich auch eine Sicherung umfassen, welche Unterkomponenten, so wie zum Beispiel mehrere Isolierelemente, in axialer Richtung sichert. Dies kann beispielsweise unter Verwendung eines Bajonettverschlusses

und/oder einer Schnappverbindung und/oder einer Verriegelung und/oder einer Schraubverbindung erreicht werden. Insbesondere kann die axiale Sicherung zusätzlich von der Rotationssicherungseinrichtung des Isolierelements bzw. der Isolierelemente bereitgestellt sein.

[0089] Eine wie zuvor beschriebene elektrische Widerstands-Heizeinheit kann Bestandteil eines Rauchgas-Behandlungsmoduls sein, mit dem die bei der Verbrennung von insbesondere festen, insbesondere nachwachsenden oder fossilen, Brennstoffen entstehenden Rauchgase mit

- einem Katalysator zum Beseitigen von im Rauchgas enthaltenen, insbesondere gasförmigen, Schadstoffen,
- ggfs. einem Staubabscheider zum Entfernen von im Rauchgas enthaltenem Staub, insbesondere Russ, insbesondere Feinstaub,
- einer elektrischen Widerstands-Heizeinheit,
- insbesondere einem Temperatur-Sensor zum Messen insbesondere der Rauchgas-Temperatur,
- einer Steuerung, insbesondere Regelung, zum Steuern des Rauchgas-Behandlungsmoduls, insbesondere der Widerstands-Heizeinheit.

[0090] Dabei können der Katalysator ganz oder teilweise mit der Heizeinheit identisch sein, insbesondere indem das Heizelement vollständig oder bereichsweise katalytisch beschichtet ist.

[0091] Dabei kann der Staubabscheider vorzugsweise ein elektrostatischer Staubabscheider, stromabwärts, vorzugsweise jedoch stromaufwärts, der Heizeinheit und/oder des Katalysators angeordnet ist, damit möglichst keine Feststoffe die Heizeinheit und/oder den Katalysator erreichen, die diesen verstopfen könnten.

[0092] Auch der Staubabscheider kann ganz oder teilweise mit dem Heizelement identisch sein, indem das Heizelement, insbesondere im nicht beheizten Zustand, als elektrisch positiv geladene Anlagerungselektrode für die elektrisch negativ aufgeladenen Staub-Partikel, insbesondere Russ-Partikel, dient.

[0093] Der Folienstreifen kann durch entsprechende Gestaltung dann auch abwechselnd als Heizelement einer Heizeinheit oder als Anlagerungselektrode des Staubabscheiders betrieben werden.

[0094] Ein solches Behandlungsmodul kann vorzugsweise auch einen Temperatur-Sensor zum Messen entweder der Rauchgas-Temperatur oder eines damit in Kontakt stehenden Bauteiles des Behandlungsmoduls aufweisen und/oder eine Steuerung, die dann datentechnisch mit einem solchen Temperatur-Sensor in Verbindung steht und insbesondere als Regelung ausgebildet ist, zum Steuern bzw. Regeln des Behandlungsmoduls, insbesondere dessen Widerstands-Heizeinheit.

[0095] Eine Berechnung der Temperatur kann über eine Änderung des spezifischen elektrischen Widerstandes des (metallischen) Heizelements bei Temperaturänderung erfolgen. Dies kann einen Temperatursensor

überflüssig machen. Die Änderungen des Widerstandes können von einer Software und/oder Steuerung und/oder Regelung erfasst werden. Auf Grundlage von vorbestimmten Parametern und/oder Grenzwerten kann dann eine Heizleistung des Heizelements variiert werden.

[0096] Der Katalysator ist dagegen vorzugsweise stromabwärts der Heizeinheit angeordnet, sodass die ihn erreichenden Rauchgase sich auf Betriebstemperatur des Katalysators befinden.

[0097] Um eine sensible Steuerung zu ermöglichen, ist der Temperatur-Sensor vorzugsweise unmittelbar stromaufwärts oder stromabwärts des Katalysators und/oder des Heizelements angeordnet.

[0098] Vorzugsweise kann im Rahmen des gesamten Behandlungsmoduls der Katalysator mit der Widerstands-Heizeinheit funktionsvereinigt sein, insbesondere durch katalytische Beschichtung des Widerstands-Heizelements, oder auch durch katalytische Ausbildung des Isolierelements und/oder des Tragkörpers.

[0099] Wenn das Rauchgas-Behandlungsmodul ein gemeinsames, insbesondere einteiliges, handhabbares Modul ist, kann es besonders einfach in einer Rauchgas-Leitung oder einem Ofen nachgerüstet werden.

[0100] Vorzugsweise besitzt das Rauchgas-Behandlungsmodul in Durchgangsrichtung an einem oder seinen beiden Enden Befestigungs-Vorrichtungen zum Fixieren des Behandlungsmoduls, z.B. in einer Rauchgas-Leitung oder einem anderen Bauteil der Umgebung.

[0101] Somit kann eine Widerstands-Heizeinheit wie zuvor beschrieben und insbesondere im Rahmen eines Rauchgas-Behandlungsmoduls wie zuvor beschrieben, zur Nachbehandlung der Rauchgase eines Ofens eingesetzt werden, wobei vorzugsweise die Temperatur der Rauchgase und/oder eines der Bauteile des Behandlungsmoduls, insbesondere des Katalysators und/oder des Heizelementes gemessen wird und mittels der Heizeinheit das Rauchgas mindestens auf die Betriebstemperatur des Katalysators aufgeheizt wird, auch wenn die Rauchgase noch sehr kühl sind, insbesondere in der Anheiz-Phase eines Ofens.

[0102] Ferner kann dabei auch die Strömungsgeschwindigkeit der Rauchgase gemessen werden, vorzugsweise innerhalb des Behandlungsmoduls, da von der Strömungsgeschwindigkeit das Maß des Wärmeüberganges vom Heizelement auf das Rauchgas und/oder auch die katalytische Auswirkung auf das Rauchgas im Katalysator beeinflusst wird.

[0103] Insbesondere kann die Strömungsgeschwindigkeit der Rauchgase dabei in einem vorgegebenen Bereich gehalten werden, beispielsweise mittels eines gesteuerten Gebläses für die Rauchgase.

[0104] Bevorzugt wird das Heizelement nicht permanent unter Strom gesetzt, sondern nur intermittierend, insbesondere getaktet, gesteuert durch die vorhandene Steuerung oder Regelung.

[0105] Denkbar ist aber auch eine Vorwärmung der Zuluft, um die erforderliche Temperatur in der Brennkammer für eine optimale, abgasarme Verbrennung früher

zu ermöglichen.

[0106] Insbesondere kann das Widerstands-Heizeinheit bzw. das Rauchgas-Behandlungsmodul, unabhängig davon, ob es nun zur Erwärmung von Zuluft oder zur Behandlung von Gasen an einer der Feuerstelle nachgelagerten Stelle vorgesehen ist, derart angeordnet sein, dass davon abgegebene Wärme zumindest teilweise wieder einem zu heizenden Raum zugeführt werden kann. Die von der Widerstands-Heizeinheit als Strahlungs- oder Konvektionswärme an den zu heizenden Raum abgegebene Energie kann dann im Gegenzug eine Einsparung an Brennstoff (Biomasse usw.) bei gleichbleibender Erwärmung des Raums ermöglichen. Somit können die Betriebskosten und die Schadstoffemissionen des Ofens reduziert werden. Auch kann die von der Widerstands-Heizeinheit an den zu heizenden Raum abgegebene Wärme dem Wirkungsgrad des Ofens bzw. dessen Wärmeleistung zugerechnet werden.

[0107] Hierbei ist auch denkbar, dass das Verhältnis von elektrisch erzeugter Wärme zu durch die Feuerstelle erzeugter Wärme einstellbar ist. Beispielsweise kann eine jeweilige Einstellung von der Schadstoffbelastung in der Umgebungsluft oder Standort des Ofens abhängig gemacht werden. So kann eine Schadstoffemission der Feuerstelle an jeweils vorgegebene Grenzwerte angepasst und diese somit eingehalten werden.

[0108] Insbesondere für den Fall der Zulufterwärmung, aber nicht darauf begrenzt, kann eine Abgasrückführungseinrichtung vorgesehen sein, welche bereits erwärmtes Abgas der Widerstands-Heizeinheit zuführt, sodass ein elektrischer Verbrauch der Widerstands-Heizeinheit bei gleicher Heizleistung reduziert werden kann.

[0109] Das Behandlungselement kann lösbar und entfernbar am oder im Gehäuse angeordnet sein, sodass es vorzugsweise auch dann, wenn das Gehäuse an dem tragenden Bauteil der Umgebung montiert ist, aus dem Gehäuse entfernt werden kann.

[0110] Vorzugsweise soll das Lösen und Entfernen in weniger als dreißig Sekunden möglich sein und/oder ohne Werkzeug. Das Entfernen und/oder Einsetzen des Behandlungselements kann dabei auch nur elementweise durchgeführt werden, das heißt durch wahlweises bzw. aufeinanderfolgendes entfernen und/oder einsetzen von Unterkomponenten des Behandlungselements. So kann zum Beispiel ein Teil des Behandlungselements entfernt und/oder eingesetzt werden, welcher nicht die Heizeinheit umfasst.

[0111] Auf diese Art und Weise kann ein im Gehäuse befindliches zugesetztes Behandlungselement entfernt und gegen ein neues oder gereinigtes Behandlungselement ausgetauscht werden, auch von einem Laien wie dem Betreiber eines Kaminofens.

[0112] Vorzugsweise ist das Gehäuse ein für die Rauchgase axial durchlässiger, offener Rohrstutzen, dessen innerer freier Querschnitt teilweise von dem Behandlungselement abgedeckt wird, welches aber selbst ebenfalls in axialer Richtung für Rauchgase durchströmbar ist, jedenfalls, wenn sich das Behandlungselement

in seiner aktivierten Position befindet.

[0113] Ein solcher Rohrstutzen kann entsprechend den Abmessungen des Rauchrohres besitzen und einen Abschnitt des Rauchrohres bilden, insbesondere in dem Rauchrohr nachgerüstet werden.

[0114] Damit ist eine Nachrüstung von Altanlagen mit einer solchen Behandlungseinheit möglich. Vorzugsweise besitzt das Gehäuse für das Entnehmen abseits seiner beiden stirnseitigen Öffnungen eine Entnahmeöffnung, die durch ein Verschlusselement wie eine Klappe oder einen Deckel dicht verschließbar ist um das Ausströmen von Rauchgas aus dem Rauchrohr und dem Gehäuse zu unterbinden. Deshalb ist vorzugsweise mindestens ein Riegeelement am Verschlusselement vorhanden, um das Verschlusselement gegenüber dem Gehäuse dicht verriegeln zu können.

[0115] Bevorzugt weist das Gehäuse ein Tragteil für das Behandlungselement auf, wobei das Tragteil entweder am Verschlusselement oder am Rest des Gehäuses befestigt ist.

[0116] Vorzugsweise ist das Tragteil ein das Behandlungselement zumindest teilweise durchlaufender Tragstab, der vorzugsweise drehfest mit dem Behandlungselement verbunden ist.

[0117] Dadurch kann durch Drehen des Tragteiles das daran befestigte Behandlungselement im Innern des Gehäuses gedreht werden.

[0118] Das Behandlungselement kann in seiner Durchströmungsrichtung einen geringeren Querschnitt als der innere freie Querschnitt des Gehäuses aufweisen, sodass dazwischen ein Sicherheits-Bypass verbleibt, der notwendig ist um bei unerwartetem vollständigen Zusetzen des Behandlungselements einen Rückstau der Rauchgase durch den Ofen in den umgebenden Raum vermeidet.

[0119] Vorzugsweise besitzt das Behandlungselement eine relativ geringe axiale Länge, nämlich so kurz, dass das Behandlungselement im Innern des Gehäuses um eine Querachse zur Durchströmungsrichtung des Gehäuses, der axialen Richtung, um 90° verschwenkbar ist.

[0120] Beispielsweise kann das Behandlungselement die Form einer Scheibe mit runder Kontur aufweisen, also die Form eines flachen Zylinders.

[0121] Dadurch kann das Behandlungselement aus seiner aktiven Stellung, in der es mit seiner größten Querschnittsabmessung quer zur Durchströmungsrichtung im Gehäuse sitzt, in eine deaktivierte Stellung bewegt, vorzugsweise verschwenkt, werden, es mit seinen geringsten Erstreckungen quer zur Durchströmungsrichtung im Gehäuse angeordnet ist.

[0122] Bei einer flachen Scheibe als Behandlungselement ist die aktive Stellung also die mit ihrer Hauptebene quer Gehäuse stehende Scheibe und die deaktivierte Stellung die der Hauptebene in Strömungsrichtung im Gehäuse stehende Scheibe.

[0123] Das Behandlungselement weist vorzugsweise eine Vielzahl, in Durchströmungsrichtung des Behand-

lungselements parallel verlaufender und für Rauchgase durchströmbarer Strömungskanäle auf, besteht vorzugsweise aus einer Matrix mit einer gefalteten oder gewickelten oder gestapelten Anordnung von wenigstens

5 einer dreidimensional strukturierten, insbesondere gewellten Folie aus Metall, die vorzugsweise eine Dicke im Bereich von unter 200 µm, insbesondere unter 100 µm, insbesondere unter 50 µm aufweist.

[0124] Da gerade ein Behandlungselement aus einer so dünnen Metallfolie leicht beschädigt werden kann, umfasst das Behandlungselement vorzugsweise auch ein an den Stirnseiten offenes, um die Durchströmungsrichtung des Behandlungselements herum umlaufendes, Elementen-Gehäuse, in dessen Inneren das eigentliche Behandlungselement wie etwa die Folien-Matrix geschützt aufgenommen und befestigt ist. Die Durchströmungsrichtung des Elementen-Gehäuses stimmt damit mit der Durchströmungsrichtung des Behandlungselements und der Matrix überein.

[0125] Vorzugsweise steht das Elementen-Gehäuse in Strömungsrichtung stirnseitig über die Behandlungsmatrix vor, um diese zu schützen. Vorzugsweise sind hierfür Schutzelemente, beispielsweise ein Schutzgitter oder Schutzstäbe mit einem geeigneten Abstand an den offenen Stirnseiten des Behandlungselements, insbesondere des Elementen-Gehäuses, angeordnet. Damit können Gegenstände in der Größe des Brockens der

25 offenen Stirnseiten des Behandlungselements, insbesondere des Elementen-Gehäuses, angeordnet. Damit können Gegenstände in der Größe des Brockens der

30 Glut eines Kaminofens, also mit einer Erstreckung im Bereich von 3 cm bis 30 cm, nicht durch das Schutzelement hindurch die Matrix oder das eigentliche Behandlungselement erreichen.

[0126] Zu diesem Zweck kann das Tragteil außerdem das Behandlungselement teilweise durchlaufenden

35 Tragstab - der sich im montierten Zustand innerhalb des Gehäuses befindet - einen aus dem Gehäuse nach außen vorstehenden und quer zum Tragstab sich erstreckenden Handgriff umfassen, mit dessen Hilfe das Behandlungselement von der aktiven in die deaktive Stellung gedreht werden kann, beispielsweise um in der

40 Anheizphase das Behandlungselement zu deaktivieren.

[0127] Vorzugsweise ist der Handgriff so gestaltet, dass seine Drehlage außerhalb des Gehäuses die Drehlage des Behandlungselements im Inneren des Gehäuses wiedergibt, sodass dessen Drehlage an der Stellung des Handgriffs erkennbar ist.

[0128] Der Handgriff ist vorzugsweise drehfest mit dem Tragteil verbunden.

[0129] Die Rauchgas-Behandlungseinheit kann auch über eine eigene Sensorik verfügen:

50 So kann ein Temperatur-Sensor zur Messung der Temperatur der Rauchgase und/oder der Behandlungseinheit, insbesondere des Behandlungselementes selbst, vorhanden sein, der dann vorzugsweise unmittelbar stromaufwärts oder stromabwärts des Behandlungselements angeordnet ist.

[0130] Die Behandlungseinheit kann auch einen Drehlagen-Sensor zur Messung der Drehlage des Behandlungselements im Gehäuse aufweisen, insbeson-

dere wenn die Behandlungseinheit über eine Steuerung verfügt, die automatisch die Drehlage des Behandlungselements im Gehäuse gesteuert verändern kann.

[0131] Sofern das Behandlungselement ein Katalysator und/oder eine Heizeinheit ist, können diese beiden Zwecke funktionsvereinigt in ein und demselben Behandlungselement, insbesondere der beschriebenen Matrix, sein, etwa indem eine katalytische Beschichtung in dem Heizelement vorhanden ist.

[0132] Das Behandlungselement kann in Durchgangsrichtung betrachtet eine Porosität von mindestens 90%, insbesondere mindestens 95% aufweisen, um den Rauchgasen möglichst wenig Strömungswiderstand entgegenzusetzen.

[0133] Aus dem gleichen Grund sollte der freie Querschnitt aller Kanäle des Behandlungselements in der Summe mindestens 30%, insbesondere mindestens 50%, insbesondere mindestens 70% des Querschnitts des Behandlungselements betragen.

[0134] Bei einer Matrix, die aus mehreren Lagen aus Folienstreifen gebildet ist, insbesondere in Form eines spiralgewickelten mindestens eines Folienstreifens, sollte der radiale Abstand der Lagen maximal 10 mm betragen, insbesondere maximal 5 mm betragen, insbesondere maximal 3 mm betragen, insbesondere maximal 2 mm betragen.

[0135] Als Obergrenze sollte der radiale Abstand der Lagen aus einem oder mehreren Folienstreifen, insbesondere bei einem spiralgewickelten Folienstreifen, mindestens 1,5 mm, insbesondere mindestens 2,5 mm, insbesondere mindestens 3,5 mm betragen.

[0136] Andererseits sollte der Folienstreifen eine Dicke von mindestens 10 μm , insbesondere mindestens 20 μm , insbesondere mindestens 30 μm , insbesondere mindestens 40 μm aufweisen.

[0137] Der Folienstreifen sollte eine Breite von maximal 5 cm, insbesondere maximal 3 cm, insbesondere maximal 2 cm, insbesondere maximal 1 cm aufweisen, was bei einem spiralgewickelten Folienstreifen dann der Dicke der dadurch gebildeten Scheibe entspricht. Ein solch spiralgewickeltes Behandlungselement kann aus einer eingängigen oder mehrgängigen, also einer oder mehreren Streifen gewickelte, Matrix sein. Ein typischer Fall ist die Wicklung eines gewellten Folienstreifens mit einem glatten Folienstreifen gemeinsam um die axiale Richtung, wobei bei dem gewellten Folienstreifen die Erstreckungsrichtung der einzelnen Welle in Durchströmungsrichtung, also in axialer Richtung, liegt oder höchstens in einem Winkel von 60°, hierzu, insbesondere höchstens 55° hierzu, hierzu, insbesondere höchstens 30° hierzu, insbesondere höchstens 10° hierzu.

[0138] Hinsichtlich eines Verfahrens zum Betreiben eines Ofens mit einer wie zuvor beschriebenen Rauchgas-Behandlungseinheit wird zum Wechseln eines zugesetzten Behandlungselements

- zunächst vorzugsweise die Behandlungseinheit, insbesondere der gesamte Ofen abgekühlt, um das

Behandlungselement leichter handhaben zu können,

- das Verschlusselement geöffnet oder vollständig entfernt,
- 5 - das zugesetzte Behandlungselement vom Tragelement entfernt und
- durch ein nicht zugesetztes, neues oder gereinigtes Behandlungselement ersetzt.

[0139] Das zugesetzte Behandlungselement wird anschließend im Brennraum des Ofens auf die Glut gelegt und dadurch frei gebrannt, was vorzugsweise erst nach dem erneuten Anheizen des Ofens erfolgt.

[0140] Unter einem zugesetzten Behandlungselement wird nicht nur ein solches verstanden, welches vollständig zugesetzt ist, also keinen freien Querschnitt mehr besitzt oder Kanäle mit freiem Querschnitt mehr besitzt, sondern ein Behandlungselement, welches bereits über einen vorgegebenen Grenzwert, beispielsweise einen bestimmten Strömungswiderstand, hinaus zugesetzt ist.

[0141] Ein Betreiber eines solchen Ofens kommt also mit nur zwei im Wechsel eingesetzten Behandlungselementen aus, von denen immer eines frisch gereinigt, also freigebrannt zur Verfügung steht um ein anders im Einsatz befindliches zugesetztes Behandlungselement zur ersetzen. Für das zuverlässige und auch schnelle Freibrennen, also abbrennen von brennbaren Ablagerungen am oder im Behandlungselement, vorzugsweise Ruß, sollte das zugesetzte Behandlungselement über mindestens 10 Min., insbesondere mindestens 15 Min. auf der Glut liegengelassen werden, wobei die Glut hierfür insbesondere eine hellrote Farbe aufweisen sollte, welche auf eine Temperatur von 500°C bis oberhalb von 600°C, insbesondere von über 1000°C, schließen lässt. Vorzugsweise wird das zugesetzte Behandlungselement mit seiner Durchströmungsrichtung etwa aufrechtstehend auf die Glut gelegt, um die in Gase umgewandelten Feststoff-Ablagerungen ungehindert nach oben aus dem Behandlungselement abströmen zu lassen.

[0142] Die Steuerung kann auch dazu dienen, eine vorhandene elektrische Heizeinheit zu steuern, welches die Temperatur des Behandlungselements, insbesondere des Katalysators, vor allem in der Anbrennphase auf ein solches Niveau bringt und hält, dass eine vollständige katalytische Umsetzung der in den Rauchgasen enthaltenen Schadstoffe möglich ist. Wie bereits weiter oben in analoger Weise angemerkt, ist es dabei nicht zwingend erforderlich, dass der Katalysator fester Bestandteil des Behandlungselements ist. Ebenso ist es denkbar, dass das Voranstehende nur durch eine Unterkomponente der Behandlungselements durchgeführt wird, welches beispielsweise die Heizeinheit bzw. das Heizelement davon ist.

[0143] Insbesondere im Einsatzbereich des erfindungsgemäßen Widerstands-Heizelements bzw. der erfindungsgemäßen Widerstands-Heizeinheit zur Raumluftwärmung und/oder zur Abgas-Behandlung, aber nicht darauf beschränkt, kann die Steuerung/Regelung

eine künstliche Intelligenz umfassen. Diese künstliche Intelligenz kann zum Beispiel dazu eingerichtet sein, Muster zu erkennen (im Sinne eines maschinellen Lernens), gemäß welchen ein Raum zu erwärmen ist und/oder gemäß welchem eine Feuerstelle betrieben wird und daraus einen Algorithmus erlernen, um diese Aufgabe in einer verbesserten (z.B. effizienteren) Weise auszuführen.

c) Ausführungsbeispiele

[0144] Ausführungsformen gemäß der Erfindung sind im Folgenden beispielhaft näher beschrieben. Es zeigen:

Figur 1a - c: eine 1. Bauform eines Heizelementes,

Figur 2a, b: eine 2. Bauform eines Heizelementes,

Figur 3: eine 3. Bauform eines Heizelementes,

Figur 4a, b: eine 4. und 5. Bauform eines Heizelementes,

Figur 4a1, 4a2: Detaillierungen zu **Figur 4a**,

Figur 5a: eine grundsätzlich bekannte, sehr einfache, Bauform eines Raum-Ofens zum Verbrennen von Scheitholz im Vertikalschnitt, jedoch ausgestattet mit einem erfindungsgemäßen Rauchgas-Behandlungsmodul innerhalb des Ofens,

Figur 5b: eine andere bekannte Bauform eines Raum-Ofens im Vertikalschnitt, ausgestattet mit einem Gebläse im Rauchrohr,

Figur 5c: eine weitere grundsätzlich bekannte Bauform eines Raumofens zum Verbrennen von Scheitholz im Vertikalschnitt, ausgestattet mit einem erfindungsgemäßen Rauchgas-Behandlungsmodul, und

Figur 6 eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform eines kombinierten Isolierelements/Tragkörpers.

[0145] Die **Figuren 1 bis 4** zeigen verschiedene Bauformen von durchströmbaren elektrischen Widerstands-Heizelementen 50.

[0146] Die **Figuren 1a, b** zeigen eine erste Bauform in **Figur 1b** in Durchgangsrichtung 10 und in **Figur 1a** quer zur Durchgangsrichtung 10.

[0147] Ein elektrisch leitfähiger Folienstreifen 2 ist als Heizelement 2 in Durchgangsrichtung 10 betrachtet zu einer, vorzugsweise eingängigen Spirale 5 gewickelt mit Abstand zwischen ihren einzelnen Lagen 5a, b, c und am zentral inneren sowie umfänglich äußeren Ende mit je einem elektrischen Anschluss 3a, b für die Bestromung des Folienstreifens 2 ausgestattet.

[0148] Die Spirale 5 aus dem nur wenige 1/100 mm dicken Folienstreifen 2 wird von einem Tragkörper 6 gehalten.

[0149] Dabei werden die einzelnen Lagen 5a, b, c auf Abstand gehalten, indem sie in Durchgangsrichtung 10 an den beiden Stirnseiten der Spirale 5 jeweils mit dem notwendigen Abstand in radialer Richtung 11 zur Durchgangsrichtung 10 nur an Stützstreben 6a, b eines Stützkörpers in Durchgangsrichtung 10 abgestützt sind, die sich in einer Querebene 11" zur Durchgangsrichtung 10 erstrecken, denn das Heizelement 50 muss ja für das aufzuheizende Fluid, insbesondere ein Gas mit Luft, in Durchtrittsrichtung 10 durchlässig sein.

[0150] Beispielhaft ist in **Figur 1a** auf der rechten Seite der Spirale 5 der stirnseitigen Rand des Folienstreifens 2 in entsprechende Nuten der Stützstreben 6b eingesteckt und auf der linken Seite der Spirale 5 ohne einen solchen Formschluss an den Stützstreben 6a anders, vorzugsweise Kraft schlüssig, fixiert, beispielsweise verklebt oder verlötet.

[0151] Es versteht sich von selbst, dass bei dieser Bauform zumindest die mit dem Folienstreifen 2 in Kontakt stehenden Teile der Stützstreben 6a, b, insbesondere der gesamte Stützkörper, aus einem elektrisch nichtleitenden Material bestehen muss, um Kurzschluss zwischen den einzelnen Lagen 5a, b, c zu vermeiden.

[0152] Der Tragkörper 6 kann gemäß **Figur 1b** auch einen äußeren Ring umfassen, der die einzelnen Stützstreben 6a, b an ihrem radial äußeren Ende miteinander verbindet, und diese beiden Ringe können in axialer Richtung, also in Durchtrittsrichtung 10, auch miteinander verbunden sein zu einem Hüllrohr 6A, in dem das Heizelement 2 dann vollständig aufgenommen ist, was die Handhabung des Widerstands-Heizelementes 50 vereinfacht, aber einen vergrößerten Herstellungsaufwand und Materialaufwand zur Folge hat.

[0153] **Figur 1c** zeigt, dass in Durchgangsrichtung 10 auch zwei solcher Widerstands-Heizeinheiten 50 in Durchgangsrichtung 10 hintereinander vorhanden sein können, in diesem Fall mit gemeinsamem mittleren Stützstreben 6c, an denen auf beiden Seiten jeweils ein Folienstreifen 2 als Heizelement 2 fixiert ist.

[0154] Deren Heizelemente 2 können elektrisch in Reihe geschaltet sein - beispielsweise abhängig von der benötigten Länge des elektrischen Heizelementes und dem verfügbaren Bauraum, vorzugsweise sind die beiden Heizelemente 2 jedoch elektrisch unabhängig voneinander betreibbar und bestrombar, und hierfür insbesondere elektrisch parallel geschaltet.

[0155] Ein eventuell vorhandenes Hüllrohr 6A erstreckt sich vorzugsweise dann über die Gesamtlänge

aller vorhandenen Heizelemente 2

Figur 3 zeigt in gleicher Blickrichtung, nämlich in Durchgangsrichtung 10, wie **Figur 1b** eine alternative Bauform, indem in dieser Blickrichtung der Folienstreifen 2 nicht spiralg gewickelt ist, sondern durch mäanderförmigen Verlauf zwischen deren Biegungen in zueinander parallele, beanstandete Lagen 5a, b, c gebracht ist.

[0156] Dabei stecken die Biegungen vorzugsweise in Nuten in den Innenseiten zweier einander gegenüberliegender Wandung-Abschnitte eines - in diesem Fall im Querschnitt rechteckigen - Hüllrohres 6A, oder von einzelnen Seitenwänden 6A1, 6A2, die seitlich neben dem mäanderförmigen Heizelement 2 in Durchgangsrichtung 10 verlaufen.

[0157] **Figur 3** zeigt aber auch, dass diese Bauform primär für rechteckige Querschnitte der Heizeinheit 50 geeignet ist.

[0158] Beim Verbauen in einem im Querschnitt runden Rauchrohr 217 eines z.B. Kaminofens 200 (s. Figuren 5a und 5b) kann dies dazu genutzt werden, dass die Freiräume zwischen der rechteckigen Heizeinheit 50 und dem Rauchrohr 217 den - in vielen Fällen gesetzlich vorgeschriebenen - Sicherheit-Bypass bilden, der verhindert, dass bei dicht zugesetzter Heizeinheit 50 der Rauch nicht aus dem Kaminofen 200 abziehen kann. Die Heizeinheit 50 könnte auch z.B. vor dem Abgasrohr, in dem Abgasrohr, in der Sekundärbrennkammer, in einem Brennraum selbst und/oder in einer Nachbrennkammer einer Feuerstätte (hier des Kaminofens) angeordnet sein.

[0159] Zusätzlich und/oder stattdessen sind in **Figur 3** beabstandet zu den Seitenwänden 6A1, 6A2 und zu diesen parallel und in Querrichtung verlaufend Stützstreben 6a, b an mindestens einem stirnseitigen Ende in Durchtrittsrichtung 10 vorhanden, in die wie in **Figur 1b** der Folienstreifen 2 mit seinem stirnseitigen Rand z.B. in entsprechende Nuten eingesteckt oder anderweitig daran fixiert sein kann, um den Abstand zwischen den einzelnen Lagen 5a, b, c auch abseits der Seitenwände 6a, b zu gewährleisten.

[0160] Die **Figuren 2a, b** zeigen eine Heiz-Einheit 50, die wie in **Figur 1c** in Durchtrittsrichtung 10 hintereinander und beabstandet zueinander zwei Spiralen 5 aufweist, die jedoch auf andere Art und Weise in axialer Richtung, also in Durchtrittsrichtung 10, auf Abstand zueinander gehalten und gegeneinander fixiert werden, und beispielhaft auch unterschiedlichen Zwecken dienen:

Wie **Figur 2a** zeigt, besteht die Spirale 5 nicht nur aus einem einzigen Folienstreifen 2, sondern aus einem glatten Folienstreifen 2.1 sowie einem damit fest verbundenen gewellten Folienstreifen 2.2, dessen Wellenberge sich entlang der Länge des Folienstreifens, also in Umfangsrichtung der Spirale 5, aneinander anschließen. Diese beiden Folienstreifen 2.1, 2.2 sind an den Kontaktstellen, den Wellenbergen, durch Verkleben oder Verlöten oder Verschweißen miteinander verbunden und gemeinsam zu der Spirale 5 gewunden.

[0161] Die insbesondere in den Figuren 4a und 4b mit dem Bezugszeichen 4 bezeichneten Kanäle, die sich dadurch zwischen dem gewellten und dem glatten Folienstreifen ergeben, werden benutzt, um Abstandsstifte 6B mit ihren Enden jeweils in einen Kanal einer der beiden axial zu beanstandenden Spiralen 5 in axialer Richtung 10 einzustecken und gegebenenfalls darin zu fixieren. Dabei besitzt vorzugsweise der mittlere Bereich jedes Abstandsstiftes 6B einen größeren Durchmesser als der freie Innendurchmesser eines Kanals 4, sodass die Spiralen 5 an den mittleren Bereichen der gleich dimensionierten Abstandsstifte 6B anliegen, die somit den Abstand der beiden Spiralen 5 definieren.

[0162] Damit die einzelnen Lagen 5a, b, c ihren Abstand in radialer Richtung beibehalten, können die auf einer Querebene 11" liegenden Abstandsstifte 6B in Durchgangs-Bohrungen von in Querrichtung 11 verlaufenden Stützstreben 6a stecken.

[0163] Die Abstandsstifte 6B sind in der Regel elektrisch isoliert gegenüber den beiden Spiralen 5, um diese elektrisch unabhängig voneinander betreiben zu können.

[0164] Dennoch kann ein halber solcher Abstandsstift 6B*, der aus elektrisch leitfähigem Material besteht, im Zentrum der Spirale 5 in den ersten Kanal 4 oder einen der ersten Kanäle 4 eingesteckt werden, um dieses innere Ende der Spirale 5 mit einem elektrischen Anschluss 3b auszustatten. Das gleiche kann am radial äußeren Ende der Spirale 5 mit einem der letzten Kanäle 4 als anderem elektrischer Anschluss 3b erfolgen bei der Verwendung als elektrisches Heizelement 2.

[0165] Ein Abstandsstift kann als Kontaktstift im Zentrum zum Einsatz kommen, um zwei Ebenen elektrisch zu verbinden. Der Kontaktstift kann an seinen beiden Längsenden gespalten ausgebildet sein. Zusätzlich kann der Kontaktstift an wenigstens einem Längsende ein Gewinde aufweisen. In einen Spalt des gespaltenen Längsendes des Kontaktstifts kann das Heizelement bzw. eine jeweilige Lage davon eingesetzt werden. Um das Heizelement bzw. die jeweilige Lage davon in dem Kontaktstift zu sichern, kann eine Mutter auf das jeweilige Gewinde aufgeschraubt werden, sodass der Spalt in dem Stift zusammengedrückt wird. So kann eine elektrische Verbindung zwischen den Lagen hergestellt sein. Alternativ oder zusätzlich zu der Mutter kann eine jeweilige Lage des Heizelements mit dem zugeordneten Kontaktstift verschweißt und/oder vernietet und/oder gequetscht sein. Der Kontaktstift sich kann auch über mehrere in axialer Richtung aufeinander folgende Ebenen von Heizelementen erstrecken. So kann der Kontaktstift mehrere Tragkörper beziehungsweise das Tragkörper-Isolierelement-Kombinationselemente überspannen, sodass ein Festziehen einer Mutter am jeweiligen Längsende des Kontaktstifts ein Zusammenpressen der Ebenen von Tragkörpern beziehungsweise von Tragkörper-Isolierelement-Kombinationselementen bewirkt.

[0166] Zusätzlich kann die gesamte Konstruktion, also die verschiedenen Ebenen Tragelement mit Heizleiter, zusammengehalten sein.

[0167] In **Figur 2b** dient jedoch die in Durchtrittsrichtung 10 vorderste Spirale 5 als Teil eines elektrostatischen Staubabscheiders 30, indem die Lagen 5a, b, c dieser Spirale 5 als elektrisch positiv aufgeladene Anlagerungs-Flächen dienen, an denen sich negativ aufgeladene Staub-Partikel ablagern sollen, die aufgrund von stromaufwärts dieser Spirale 5 eingebrachter negativ ionisierter Luft oder auch nur einer mit hoher Spannung negativ aufgeladenen Ionisierstift im Strömungsweg elektrisch aufgeladen werden.

[0168] Durch den relativ geringen Abstand der Lagen 5a, b, c zueinander ist der Weg eines ionisiert und Staubteilchens in Querrichtung 11 zur nächsten Anlagerungs-Fläche kurz, was das Anlagern begünstigt.

[0169] Der sich an den Anlagerungs-Flächen dieser Spirale 5 anlagernde Staub kann durch zeitweises starkes elektrisches Aufheizen der Spirale 5 abgebrannt werden. Falls die beiden Spiralen 5 elektrisch unabhängig voneinander betreibbar sind, kann dies bei einer der Spiralen 5 erfolgen, während sich an der anderen weiterhin Staub ablagert mittels elektrostatischer Abscheidung.

[0170] Dabei können die beiden Spiralen 5 auch auf andere Art und Weise gegeneinander fixiert und beabstandet sein.

[0171] Ein solcher elektrostatischer Staubabscheider 30 kann stattdessen auch stromabwärts des Widerstands-Heizelementes 50 angeordnet sein, und dieses kann unabhängig vom Staubabscheider 30 aus einer oder mehreren axial aufeinanderfolgenden Spiralen 5 bestehen. Es könnte sich also an die als Heizelement 2 benutzte rechte Spirale in **Figur 2b** daran weiter rechts noch eine weitere Spirale 5 anschließen. Die Durchtrittsrichtung kann also auch in die andere Richtung oder Reihenfolge der Anordnung der Komponenten verlaufen. Der Staubabscheider kann auch nach dem Heizelement bzw. dem Katalysator angeordnet sein.

[0172] Die **Figuren 4a, b** zeigen Bauformen der Widerstands-Heizeinheit 50, bei denen die einzelnen Lagen 5a, b, c des elektrisch leitenden Folienstreifens 2, welcher das elektrisch leitende Heizelement 2 bildet, nicht über den Großteil ihrer Durchströmungslänge 10 auf Abstand zueinander gehalten werden, sondern zwischen den Lagen 5a, b, c ein sich über die im wesentlichen gesamte Durchströmungslänge 10 erstreckender, elektrisch isolierender, Abstands-Streifen 1 vorhanden ist, also der Folienstreifen 2 auf beiden Seiten an dem Abstands-Streifen 1 anliegt und umgekehrt.

[0173] Einer der beiden Streifen 1, 2, aus Gründen der größeren Oberfläche in der Regel der elektrisch leitende Folienstreifen 2, ist in diesem Fall gewellt ausgebildet, wobei die Wellen quer zur Durchgangsrichtung 10 aufeinanderfolgen, sodass jedes Wellental zusammen mit dem anliegenden, in der Regel glatten, Streifen 1 einen in Durchgangsrichtung 10 von dem aufzuheizenden Fluid durchströmbaren Kanal 4 bildet. Eine gewellte Ausbildung des Folienstreifens 2 kann insbesondere dazu dienen, einen freien Querschnitt für eine Durchströmung des aufzuheizenden Fluids durch eine Wahl der Ampli-

tude und/oder der Wellenlänge der Wellenform in einer vorbestimmten Weise auszubilden.

[0174] Dabei muss ein Wellenverlauf des Folienstreifens 2 nicht zwangsläufig in einem 90°-Winkel zu einer Strömungsrichtung des aufzuheizenden Fluids angeordnet sein.

[0175] In **Figur 4a** ist ein solcher gewellter Streifen 2, vorzugsweise als elektrisch leitender Folienstreifen 2, zusammen mit einem daran anliegenden glatten Streifen, vorzugsweise einem elektrisch isolierenden Abstandsstreifen 1, zusammen zu einer Spirale gewickelt, die gemeinsam einen Wabenkörper WK bilden, der in der Regel passgenau in einem Hüllrohr 6A mit rundem Querschnitt aufgenommen ist.

[0176] Dadurch ist eine eigenstabile Ausbildung des Wabenkörpers, beispielsweise durch Verlöten, Verschweißen oder Verkleben der beiden Streifen 1, 2 an ausreichend vielen Stellen, nicht zwingend erforderlich.

[0177] Wenn die beiden Streifen 1, 2 als eingängige Spirale 5 gewickelt sind, muss der elektrisch leitende Folienstreifen 2 einmal im Zentrum und einmal am Außenumfang einen elektrischen Anschluss 3a, b aufweisen.

[0178] Um den eventuell schwierig herzustellenden zentralen elektrischen Anschluss 3a zu vermeiden, kann der elektrisch leitende Streifen 2, etwa der gewellte Streifen, gemäß **Figur 4a2** als zweigängige Spirale ausgebildet sein, indem er gemäß **Figur 4a1** in der Mitte seiner Länge in zwei Lagen gefaltet wird und dazwischen ein erster isolierender Abstandsstreifen 1.1 eingelegt wird, und die Spirale 5 mit dieser 180° Biegung des elektrisch leitenden Streifens 2 sowie dem Abstandsstreifen 1.1 dazwischen im Zentrum der Spirale 5 zu wickeln begonnen wird, mit einem weiteren isolierenden Abstandsstreifen 1.2 auf einer Seite dieses Paketes.

[0179] Dann befinden sich gemäß **Figur 4a2** beide elektrische Anschlüsse 3a, b an den beiden Enden des elektrisch leitenden Streifens 2 am Außenumfang der Spirale 5.

[0180] In **Figur 4b** sind eine Vielzahl jeweils gleich großer glatter Folienstreifen 1 und gewellter Folienstreifen 2 abwechselnd aufeinander gestapelt zu einem gestapelten Wabenkörper WK, der in diesem Fall in einem Hüllrohr 6A mit passendem rechteckigen Querschnitt passgenau eingesetzt ist aus den gleichen Gründen wie oben genannt.

[0181] Dann muss jedes linke Ende als auch jedes rechte Ende des elektrisch leitenden Streifens 2, hier des gewellten Streifens, mit einem elektrischen Anschluss 3a, 3b versehen werden, was jedoch auf einfache Art und Weise durch Einlegen jeweils einer elektrisch leitenden Platte 3A, 3B an jeder Seite des Stapels zwischen dem Stapel und dem Hüllrohr 6A erreicht werden kann, wenn diese Platte mit jeder der elektrisch leitenden Streifen 2 in Kontakt steht, insbesondere elektrisch leitend verbunden ist.

[0182] Die **Figuren 5a bis c** zeigen unterschiedliche, prinzipiell bekannte Bauformen von Heizvorrichtungen 200 in Form von Kaminöfen 200 zum Beheizen eines

Raumes mit einem Rauchrohr 217 zum Anschließen an einen - nicht dargestellten - Kamin des Gebäudes mit unterschiedlichen Zusatzausstattungen:

Figur 5a zeigt im Vertikalschnitt eine sehr einfach aufgebaute solche Heizvorrichtung 200, bei der das Holz H auf einem luftdurchlässigen Brennrost 216 aufliegt, wobei die Zufuhr an primärer Verbrennungsluft in den Zuluft-Raum unter dem Brennrost 216 durch mehr oder weniger starkes Öffnen einer Luftklappe 218 in der Frontwand des Zuluft-Raumes manuell gesteuert wird.

[0183] Denkbar ist aber auch eine Vorwärmung der Zuluft, um die erforderliche Temperatur in der Brennkammer für eine optimale, abgasarme Verbrennung früher zu ermöglichen.

[0184] Ebenfalls in der Frontwand, jedoch auf der Höhe oberhalb des Brennrosts 216, befindet sich die Brennraum-Tür 203 zum Beladen des Brennraum 201 mit Holz H oder einem anderen festen, nachwachsenden oder fossilen, Brennmaterial.

[0185] Ferner ist in **Figur 5a** im Kaminofens 200 im Übergang zum Rauchrohr 217 ein Gebläse 40 zum Steuern der Saugwirkung im Brennraum vorhanden.

[0186] Stromaufwärts des Gebläses 40 - welches aber nicht zwingend vorhanden sein muss - ist ein erfindungsgemäßes Rauchgas-Behandlungsmodul 100 angeordnet, welches von den Rauchgasen R durchströmt wird und welches - in Durchtrittsrichtung 10 hintereinander - eine elektrische Widerstands-Heizeinheit 50 mit in diesem Fall zwei in Durchtrittsrichtung 10 hintereinander angeordneten Heizelementen 2 besteht - wie beispielsweise auch in **Figur 2b** dargestellt - sowie einem Katalysator 20 und einem elektrostatischen Staubabscheider 30.

[0187] Der elektrostatische Staubabscheider 30 besitzt als negative Elektrode eine Einström-Öffnung für ionisierte Luft, die von außen zugeführt wird, oder für ionisiertes Rauchgas aus dem Ofen, sowie als positive Elektrode eine elektrisch positiv geladene Anlagerungshülse entlang des innen Umfangs des Rauchrohrs 217 etwas stromabwärts davon, an der sich die negativ aufgeladene einen Staubeilchen anlagern, wobei die beiden Elektroden über entsprechende elektrische Anschlüsse 30a, b mit der gewünschten Polarität aufladbar sind.

[0188] An den Enden kann der elektrostatische Staubabscheider 30 gezackt ausgebildet sein und so als Ionisator fungieren. Hierbei können sich die aufgeladenen Partikel dann auf dem Heizleiter des Heizelementes abladen, welcher so zusätzlich als Kollektor fungiert. Dieser kann dann periodisch als Widerstandsheizung erwärmt werden und die organischen Partikel abbrennen. Anschließend oder gleichzeitig kann er wieder als Kollektor fungieren.

[0189] Der Staubabscheider kann vor und/oder in und/oder nach einer Abgaseinigungseinheit angeordnet sein.

[0190] Der Katalysator 20 und das hier doppelte Heizelement 2 der Widerstands-Heizeinheit 50 sind hier im gleichen Tragkörper 6 aufgenommen, was jedoch nicht

zwingend ist.

[0191] Die **Figur 5b** zeigt in einer von der Seite betrachteten Schnittdarstellung eine andere, aufwändigere, bekannte Bauform einer Heizvorrichtung 200, bei der bereits eine Nachverbrennung stattfindet und damit eine wesentlich bessere Ausnutzung des Brennstoffes und damit auch die Rauchgase R weniger stark mit Feinstaub und Russ belastet sind:

Dabei wird Brennmaterial, beispielsweise Holzscheite H, auf dem Boden des Hauptbrennraumes 201 als Brennauflage 202 aufliegend verbrannt.

[0192] In der Frontfläche des Gehäuses des Hauptbrennraumes 201 ist eine Brennraumklappe 203 vorhanden, die nach oben aufgezogen werden kann, betätigt über eine Handsteuerung 205, die in diesem Fall mit einer Direktabzugsklappe 204 gekoppelt ist, die in der Decke des Hauptbrennraumes 201 angeordnet ist.

[0193] Diese ist normalerweise geschlossen und wird nur bei Öffnen der Brennraumklappe 203 ebenfalls geöffnet, um dann über die Decke des Hauptbrennraumes 201 die Rauchgase R direkt in den Kamin 300 abziehen zu lassen.

[0194] Denn im Normalbetrieb, also bei geschlossener Brennraumklappe 203, ziehen die Rauchgase R vom Hauptbrennraum 201 bei dieser Bauform etwa horizontal durch einen Primärabzug 206 hindurch in den Nachbrennraum 207 hinter dem Hauptbrennraum 201 und werden dabei mit zugeführter zusätzlicher Sekundärluft S vermischt oder über einen Rezirkulationsweg 209 aus dem Hauptbrennraum 201 in den Nachbrennraum 207 und ggfs. über Rezirkulationsöffnungen 210 aus dem Nachbrennraum 207 in den Primärabzug 206, um die Nachverbrennung zu optimieren.

[0195] Dies erfolgt, indem der Primärabzug 206 aus in diesem Fall übereinander angeordneten, jedenfalls quer zur Strömungsrichtung 10 der Rauchgase R durch den Strömungskanal 211 des Primärabzuges 206 verlaufenden, hier horizontal verlaufenden, rohrförmigen Hohlkörpern 212 besteht, deren Abstände zueinander Durchlässe 213 bilden, die sich in Strömungsrichtung verengen und als Düsen 215 wirken.

[0196] Wegen der V-förmigen Querschnitts-Kontur dieser Hohlkörper 212 verjüngt sich ein Durchlass 213 zwischen zwei solchen Hohlkörpern 212 oder zwischen einem Hohlkörper 212 und einem in Strömungsrichtung 10 verlaufenden Seitenwand in Strömungsrichtung 10 und bildet eine Düse 215 für die hindurchströmenden Rauchgase R, die einen Unterdruck erzeugt, mittels dessen durch die in den Seitenwänden des Hohlkörpers 212 vorhandenen Austrittsöffnungen 208 Sekundärluft S aus dem Inneren der benachbarten Hohlkörpern 212 angesaugt wird, die zu diesem Zweck in ihrem Inneren mit Sekundärluft S versorgt werden.

[0197] Die Rückwand des Brennraum 201 ist als flüssigkeitsdurchströmter Wärmetauscher 214 ausgebildet, an den Wärme aus den Rauchgasen R abgegeben wird.

[0198] In **Figur 5b** ist aus Übersichtlichkeitsgründen nur ein solcher Hohlkörper 212 dargestellt, in der Regel

besteht ein Primärabzug 206 jedoch aus mehreren parallel und beanstandet zueinander verlaufenden, übereinander oder nebeneinander angeordneten, solchen Hohlkörpern 212, wie in **Figur 5c** dargestellt

[0199] In diesem Fall ist im Nachbrennraum 207 die Rückwand als flüssigkeitsdurchströmter Wärmetauscher 214 ausgebildet, an den Wärme aus den Rauchgasen R abgegeben wird.

[0200] Ferner ist in **Figur 5b** im Kaminofens 200 im Übergang zum Rauchrohr 217 nur ein Gebläse 40 zum Steuern der Saugwirkung im Hauptbrennraum 201 dargestellt.

[0201] Hier könnte jedoch ebenfalls ein Rauchgas-Behandlungsmodul 100, wie in **Figur 5a** erläutert, vorhanden sein.

[0202] **Figur 5c** zeigt in gleicher Blickrichtung wie **Figur 5b** eine wiederum andere Bauform einer bekannten Brennvorrichtung 200.

[0203] Diese unterscheidet sich von der Bauform der **Figur 5b** dadurch, dass der Brennstoff H nicht auf einer plattenförmigen, meist durchgehend geschlossenen, Brenn-Auflage aufliegt, sondern auf einem Brenn-Rost 216, durch den hindurch die Rauchgase R vom Hauptbrennraum 201 in den darunter liegenden Primärabzug 206 und von dort in den ebenfalls darunterliegenden Nachbrennraum 207 strömen, meist angesaugt durch den Natur-Zug des Kamins 300 oder auch ein Gebläse 40 im Rauchrohr 217 des Ofens 200.

[0204] Auch hier wird im Primärabzug 206 durch beanstandet nebeneinander angeordnete, rohrförmige Hohlkörpern 212 und in deren Wänden vorhandenen Austrittsöffnungen 208 Sekundärluft S aus dem Inneren der Hohlkörpern 212 angesaugt und den Rauchgasen R im Primärabzug 206 zugemischt zwecks Nachverbrennung des darin noch enthaltenen Kohlenstoffs.

[0205] Die Widerstands-Heizeinheit 50, der Katalysator 20 und der Staubabscheider 30 könnten auch als Rauchgas-Behandlungsmodul 100 eine gemeinsam handhabbare Baugruppe bilden, die als ein einziges Teil in das Rauchrohr 217 eingesetzt werden kann, was die Nachrüstung eines Kaminofens 200 stark erleichtert.

[0206] **Figur 6** zeigt eine Ausführungsform eines Isolierelements 1, welches hier zugleich den Tragkörper 6 bildet. Das Isolierelement 1 weist eine Mehrzahl an sich nach radial außen Y-förmig verzweigenden Stützstreben 6a auf.

[0207] In axialer Richtung, in Bezug auf eine Mittelachse, welche durch die kreisförmige Außenseite des hier dargestellten Isolierelements 1 definiert ist, weisen die Stützstreben 6a an beiden Stirnflächen Schlitze 16 auf. Die Schlitze 16 verlaufen hier, trotz dazwischen angeordneter Durchlässe (Freiräume zwischen den Stützstreben 6a), derart ineinander übergehend, dass ein durchgängiger Spiralverlauf von radial außen nach radial innen erzeugt ist. Die Spiralform beginnt hier an einer Aufnahme 12 für einen elektrischen Anschluss 3a (s. **Figur 2a**) und endet an einer weiteren Aufnahme nahe des Zentrums des Isolierelements 1. So kann zum Beispiel ein

einzelner Folienstreifen 2 durchgängig über die gesamte Spiralform hinweg an dem Isolierelement 1 angeordnet werden.

[0208] Das Isolierelement 1 weist hier ferner eine Rotationssicherungseinrichtung 14 auf, im hier gezeigten Fall Ausnehmungen und Vorsprünge, welche dazu eingerichtet ist, mit entsprechenden Vorsprüngen bzw. Ausnehmungen eines weiteren, insbesondere zu dem Isolierelement 1 identisch ausgebildeten, Isolierelements (nicht gezeigt) in Eingriff zu treten, sodass eine relative Rotation der beiden Isolierelemente verhindert werden kann. Zwischen den beiden Isolierelementen kann dann der Folienstreifen 2 eingefasst und gesichert werden.

15 BEZUGSZEICHENLISTE

[0209]

1	Isolierelement, Abstands-Streifen, Folienstreifen
2	Heizelement, elektrisch leitender Folienstreifen
3a, b	elektrischer Anschluss
3A, B	Platte, Anschlussplatte
4	Kanal
5	Spirale
5a, b	Lage
5"	Spiral-Ebene
6	Tragkörper
6a, b	Stützstrebe
6A	Hüllrohr
6B	Abstandsstift
6B*	Halbstift
7	p-Sensor
8	v-Sensor
9	T-Sensor
10'	Durchgangsrichtung
11	Querrichtung
11"	Querebene
20	Katalysator
30	Staubabscheider
30a, b	el. Anschluss
40	Gebläse
50	elektrische Widerstands-Heizeinheit
50a, b	Stirnseite
100	Rauchgas-Behandlungsmodul
200	Brennvorrichtung, Feuerungsanlage, Ofen
201	Brennraum, Hauptbrennraum
202	Brenn-Auflage
203	Brennraum-Klappe, Brennraum-Tür
204	Direktabzugs-Klappe
205	Handsteuerung
206	Primärabzug
207	Nachbrennraum

208	Austrittsöffnung		
209	Rezirkulationsweg		
210	Rezirkulationsöffnung		
211	Strömungskanals		
212	Hohlkörper	5	
213	Durchlass		
214	Wärmetauscher		
215	Düse		
216	Brennrost		
217	Rauchrohr	10	
218	Luftklappe, Zuluftklappe		
300	Kamin		
A	Abstand	15	
B	Breite		
d	Dicke		
H	Holz, Scheitholz		
WK	Wabenkörper	20	
R	Rauchgas		
S	Sekundärluft		
Patentansprüche		25	
1. Elektrische Widerstands-Heizeinheit (50) mit			
	- einem elektrisch leitenden, einen elektrischen Widerstand aufweisenden, Heizelement (2), welches zwei elektrische Anschlüsse (3a, b) aufweist,	30	
	- einem elektrisch isolierenden Isolierelement (1), welches einen Kurzschluss im Heizelement (2) verhindert und einen elektrischen Kontakt des Heizelementes (2) zur Umgebung unterbindet,	35	
	- wenigstens einem von einem Fluid in Durchgangsrichtung (10) von der einen zur gegenüberliegenden Stirnseite (50a, b) der Widerstands-Heizeinheit (50) zum Zwecke des Wärmetransports permeablen Kanal (4), insbesondere wenigstens einem frei durchströmbareren Kanal (4),	40	
	- einer Steuerung, insbesondere Regelung, zum Steuern der Widerstands-Heizeinheit (50), insbesondere des Heizelementes (2),	45	
	dadurch gekennzeichnet, dass		
	- das Heizelement (2) wenigstens einen elektrisch leitenden Leiter aufweist, welcher insbesondere in mehreren Lagen (5a, b) aus einem oder mehreren elektrisch leitenden, insbesondere metallischen, Folienstreifen (2), angeordnet ist,	50	
	- insbesondere der Folienstreifen (2) mehrlagig gewickelt, gewunden, gefaltet oder gestapelt ist.	55	
2. Widerstands-Heizeinheit nach Anspruch 1,			
dadurch gekennzeichnet, dass			
	- wenigstens eine Haupt-Erstreckungsrichtung jeder Lage (5a, b) eine Komponente in Durchgangsrichtung (10) aufweist und/oder		
	- bei mehreren Folienstreifen (2) als Heizelement (2) die einzelnen Folienstreifen (2) separat ansteuerbar sind.		
3. Widerstands-Heizeinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,			
dadurch gekennzeichnet, dass			
	- ein, insbesondere elektrisch isolierender, Tragkörper (6) vorhanden ist, der das Heizelement (2) trägt, insbesondere		
	- der Tragkörper (6) und das Isolierelement (1) ganz oder teilweise in einem Bauteil funktionsvereinigt sind und/oder		
	- ein Tragkörper (6) an wenigstens einer Stirnseite der Heizeinheit (50) angeordnet ist und/oder		
	- der Tragkörper (6) ein das Heizelement (2) umgebendes, um die Durchtrittsrichtung (10) herum verlaufendes, Hüllrohr (6A) umfasst.		
4. Widerstands-Heizeinheit nach dem vorhergehenden Anspruch,			
dadurch gekennzeichnet, dass			
	der Tragkörper (6) wenigstens einen quer über mehrere Lagen (5a, b) hinweg in einer Querebene (11") verlaufenden Stützkörper aufweist, wobei der Stützkörper insbesondere wenigstens eine Stützstrebe (6a, b) aufweist, welche derart einen Verzweigungsabschnitt aufweist, dass sich die Stützstrebe (6a, b) in ihrem Verlauf zu einer Außenseite der Widerstands-Heizeinheit hin verzweigt, sodass insbesondere eine Y-Form ausgebildet ist.		
5. Widerstands-Heizeinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche und gegebenenfalls nach einem der Ansprüche 3 oder 4,			
dadurch gekennzeichnet, dass			
	das Isolierelement (1) und/oder der Tragkörper (6) wenigstens eine Aufnahme (12) aufweisen/aufweist, welche dazu eingerichtet ist, einen jeweiligen der elektrischen Anschlüsse (3a, b) des Heizelementes (2) darin aufzunehmen, wobei insbesondere eine Form der wenigstens einen Aufnahme (12) einer Form des darin aufzunehmenden elektrischen Anschlusses (3a, b) des Heizelementes (2) im Wesentlichen entspricht.		

6. Widerstands-Heizeinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche und gegebenenfalls nach einem der Ansprüche 3 oder 4,
dadurch gekennzeichnet, dass

das Isolierelement (1) und/oder der Tragkörper (6) wenigstens eine Rotationssicherungseinrichtung (14) aufweisen/aufweist, welche dazu eingerichtet ist, eine Rotation des Isolierelements (1) relativ zu dem Tragkörper (6) und/oder eine Rotation des Isolierelements (1) relativ zu einem weiteren Isolierelement (1) und/oder eine Rotation des Tragkörpers (6) relativ zu einem weiteren Tragkörper (6) zu verhindern, wobei die Rotationssicherungseinrichtung (14) insbesondere eine miteinander in Eingriff bringbare Vorsprung-Ausnehmung-Kombination (14) umfasst.

7. Widerstands-Heizeinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

- das Isolierelement (1) aus elektrisch nicht leitender Keramik besteht oder eine solche Beschichtung ist und/oder
- das Isolierelement (1) und/oder der Tragkörper (6) Aussparungen, insbesondere Durchlässe, für den Folienstreifen (1) aufweist und/oder
- das Isolierelement (1) und/oder der Tragkörper (6) zumindest teilweise außerhalb der in Durchgangsrichtung (10) gemessenen Länge des Heizelementes (2) angeordnet ist und die Lagen (5a, b) des Heizelementes (2) mit Abstand (A) zueinander und insbesondere auf beiden Seiten des Tragkörpers (6) kraftschlüssig oder formschlüssig oder beides, an dem Tragkörper (6), insbesondere dessen Stützstreben (6a, b) befestigt sind und/oder
- das Isolierelement (1) und/oder der Tragkörper (6) wenigstens einen isolierenden Abstandshalter umfasst, der innerhalb der in Durchgangsrichtung (10) gemessenen Länge des Heizelementes (2) zwischen dessen Lagen (5a, b) angeordnet ist.

8. Widerstands-Heizeinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

- von dem Tragkörper (6), insbesondere dessen Stützstrebe (6a, b), wenigstens ein Abstandshalter zwischen die Lagen (5a, b) hinein vorsteht und die Lagen dadurch zumindest in einer Quer- richtung (11) zur Durchgangsrichtung (10) form-

schlüssig am Tragkörper (6) befestigt sind,
- insbesondere der Folienstreifen (2) in einer Ausnehmung zwischen zwei isolierenden Abstandshaltern angeordnet ist.

9. Widerstands-Heizeinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

- der isolierende Abstandshalter ein, insbesondere flexibler, Abstandsstreifen, insbesondere Folienstreifen (2), ist,
- insbesondere der elektrisch leitende Folienstreifen (2) zusammen mit einem elektrisch isolierenden Abstandsstreifen zu dem Heizelement (2) gewickelt, gewunden, gefaltet oder gestapelt ist,
- insbesondere so, dass bei aufeinanderfolgenden Lagen (5a, b) abwechselnd ein elektrisch leitender Folienstreifen (2) und ein elektrisch isolierender Abstandsstreifen aufeinander folgen, insbesondere einander kontaktierend.

10. Widerstands-Heizeinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

- jede Lage (5a, b) auf jeder ihrer Haupt-Seiten mit je einer anderen Lage (5b, a) in Kontakt steht,
- wobei insbesondere der elektrisch leitende Folienstreifen (2) und/oder der Abstandsstreifen eine solche dreidimensionale Strukturierung aufweist, dass dadurch die in Durchgangsrichtung (10) offenen Kanäle (4) gebildet werden,
- insbesondere die Streifen (1, 2) zu einem eigenstabil Wabenkörper (WK) verbunden sind und/oder in einem Tragkörper (6), insbesondere einem Hüllrohr (6A) angeordnet sind.

11. Widerstands-Heizeinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

- das Heizelement (2) eine eingängige oder mehrgängige, in oder parallel zu einer Spiralebene (5") liegende, aus einem, elektrisch leitenden Folienstreifen (2) bestehende Spirale (5) mit gegeneinander elektrisch isolierten Lagen (5a, b) ist und/oder
- die Heizeinheit (50) mehrere in Durchtrittsrichtung (10) beabstandete Heizelemente (2), insbesondere Spiralen (5) umfasst, die insbesondere unabhängig voneinander mit elektrischem Strom beaufschlagbar sind und/oder
- die Heizelemente (2) Durchgangs-Kanäle (4)

aufweisen und die axial beabstandeten Heizelement (2) durch Abstandsstifte (6B) gegeneinander fixiert sind, die teilweise in den Durchgangs-Kanälen (4) stecken.

12. Widerstands-Heizeinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

- ein Temperatur-Sensor (9) zum Messen der Temperatur des hindurchtretenden Fluids und/oder des Heizelementes (2) vorhanden ist und/oder
- ein v-Sensor (8) zum Messen der Strömungsgeschwindigkeit des hindurchströmende Fluid vorhanden ist und/oder
- einem p-Sensor (7) zum Messen des Drucks in der Heizeinheit (50) vorhanden ist.

13. Rauchgas-Behandlungsmodul (100) für die bei der Verbrennung von festen, insbesondere nachwachsenden oder fossilen, Brennstoffen entstehenden Rauchgase (R) mit

- einem Katalysator (20) zum Beseitigen von im Rauchgas (R) enthaltenen, insbesondere gasförmigen, Schadstoffen,
- ggfs. einem Staubabscheider (30) zum Entfernen von im Rauchgas (R) enthaltenem Staub, insbesondere Russ, insbesondere Feinstaub,
- einer elektrischen Widerstands-Heizeinheit (50),
- insbesondere einem Temperatur-Sensor (9) zum Messen insbesondere der Rauchgas-Temperatur,
- einer Steuerung (100*), insbesondere Regelung, zum Steuern des Rauchgas-Behandlungsmoduls (100), insbesondere der Widerstands-Heizeinheit (10),

dadurch gekennzeichnet, dass

die elektrische Widerstands-Heizeinheit (50) nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist.

14. Rauchgas-Behandlungsmodul nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass

- der Staubabscheider (30), welcher insbesondere ein elektrostatischer Staubabscheider (30) ist, in Durchgangsrichtung (10) stromaufwärts oder stromabwärts der Widerstands-Heizeinheit (50) und/oder des Katalysators (20) angeordnet ist und/oder
- der Katalysator (20) stromabwärts der Widerstands-Heizeinheit (10) angeordnet ist,

- insbesondere der Temperatur-Sensor (9) unmittelbar stromaufwärts oder stromabwärts des Katalysators (20) angeordnet ist.

- 5 15. Rauchgas-Behandlungsmodul nach Anspruch 13 oder 14,
dadurch gekennzeichnet, dass

10 - das Behandlungsmodul (100) ein an steuerbares Gebläse (40) umfasst,
- insbesondere das Behandlungsmodul (100) einen Geschwindigkeit-Sensor (8) zum Messen der Strömungsgeschwindigkeit der Rauchgase (R) im Behandlungsmodul (100) aufweist und/oder
15 - der Katalysator (20) mit dem Widerstands-Heizeinheit (10) funktionsvereinigt ist, insbesondere durch katalytische Beschichtung des Widerstands-Heizelements (2) und/oder
20 - das Behandlungsmodul (100) einen Restsauerstoff-Sensor, insbesondere stromabwärts des Katalysators (20), umfasst und/oder
25 - wobei der Restsauerstoff-Sensor insbesondere dazu eingerichtet ist, Signale zur Steuerung des steuerbaren Gebläses und/oder anderer Einrichtungen zur Emissionsminderung auszugeben.

- 30 16. Rauchgas-Behandlungsmodul nach einem der Ansprüche 13-15,
dadurch gekennzeichnet, dass

35 - das Rauchgas-Behandlungsmodul (100) ein gemeinsam, insbesondere einteilig, handhabbares, Modul ist,
- insbesondere das Rauchgas-Behandlungsmodul (100) so ausgebildet ist, dass es in einem Rauchrohr (217) oder einem Ofen (200) nachrüstbar ist,
- insbesondere so nachrüstbar ist, dass zwischen dem Querschnitt der Rauchgas-Behandlungsmodul (100) und dem Querschnitt des umgebenden Rauchrohres (217) ein Sicherheits-Bypass verbleibt,
40 - insbesondere das Rauchgas-Behandlungsmodul derart angeordnet ist, dass es als Ganzes oder in Teilen durch eine Revisionsklappe erreichbar ist oder durch diese entnehmbar und/oder einsetzbar ist, und/oder
45 - das Rauchgas-Behandlungsmodul (100), insbesondere in Durchgangsrichtung (10) an den beiden Enden, Befestigungsvorrichtungen zum Fixieren in einem Rauchrohr (217) aufweist, und/oder
50 - das Rauchgas-Behandlungsmodul (100) von

einer aktiven Stellung in eine deaktive Stellung, insbesondere unter Verwendung eines Handgriffs, verdrehbar ist.

17. Verwendung der Widerstands-Heizeinheit (50) 5
nach einem der Ansprüche 1 bis 10

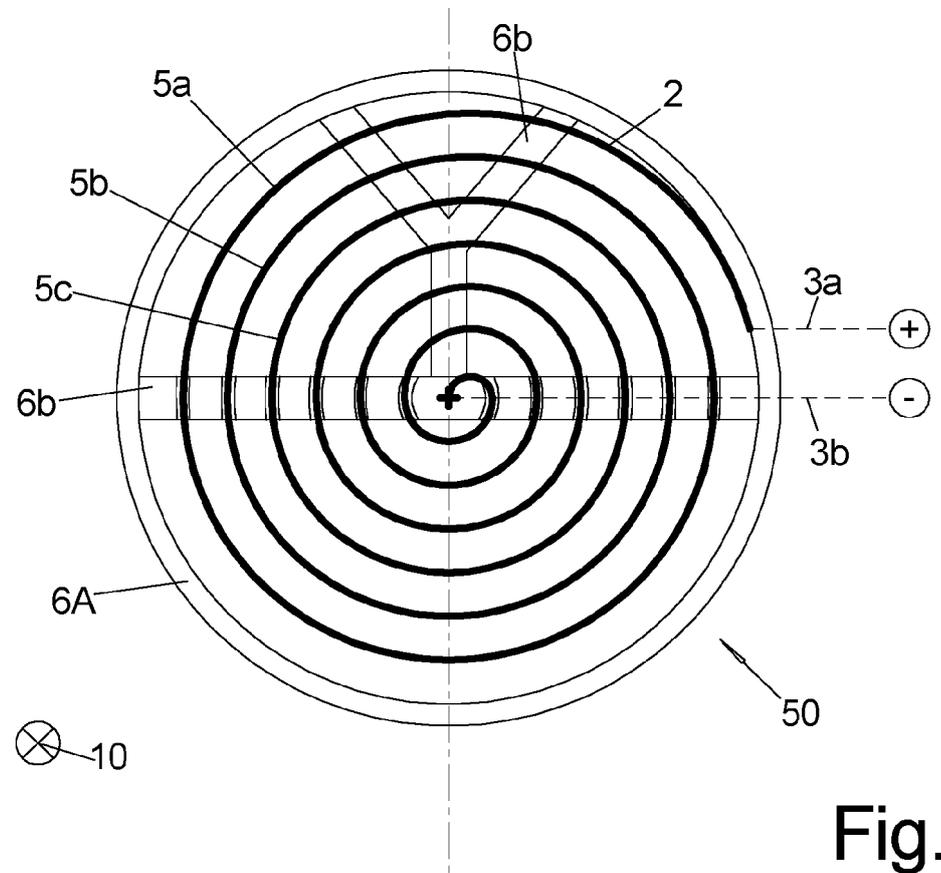
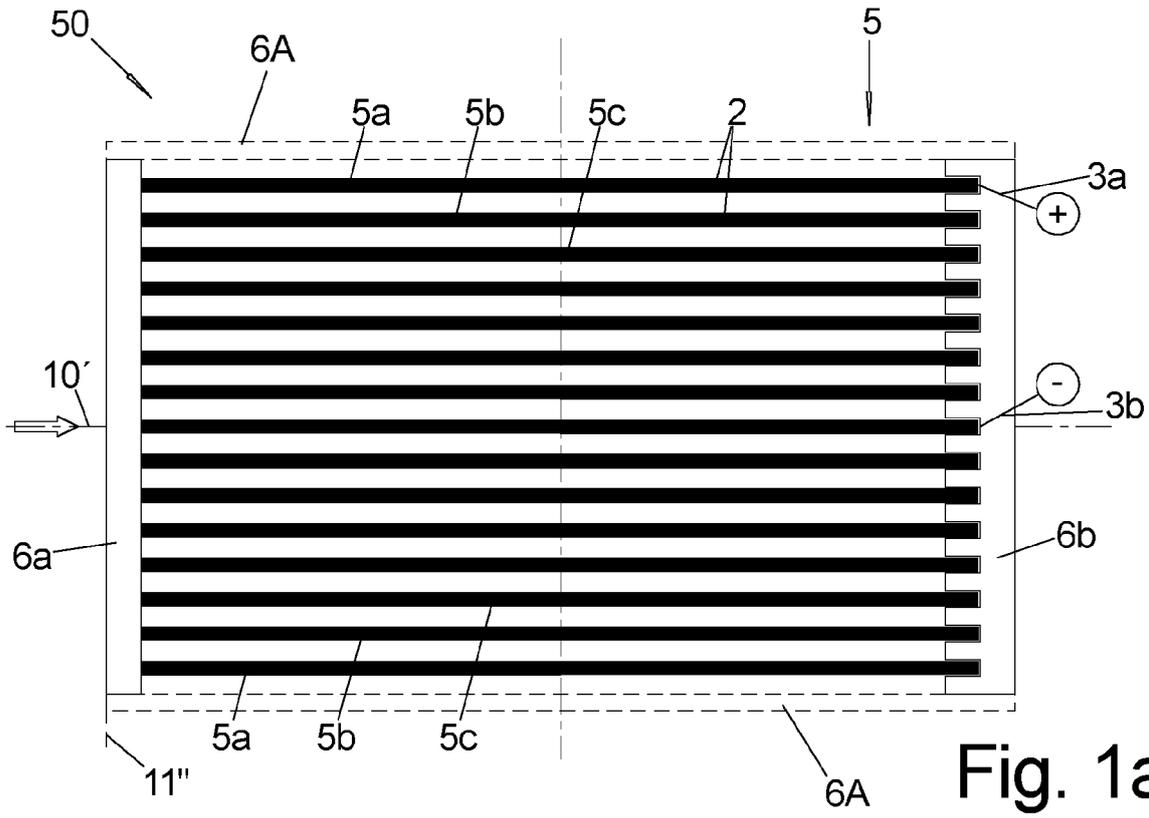
- in einem Rauchgas-Behandlungsmodul (100) nach Anspruch 13, 10
 - insbesondere in einem Ofen (200) mit einem Rauchgas-Behandlungsmodul (100) nach Anspruch 13, wobei insbesondere
 - die Temperatur der Rauchgase[®] und/oder des Katalysators (20) und/oder der Widerstands-Heizeinheit (50) gemessen wird und mittels der Widerstands-Heizeinheit (50) das Rauchg[®](R) mindestens auf die Betriebstemperatur des Katalysators (20) aufgeheizt wird. 15
- 20

18. Verwendung nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Strömungsgeschwindigkeit des Rauchgases im Behandlungsmodul (100) gemessen wird, insbesondere 25
- die Strömungsgeschwindigkeit des Rauchgases im Behandlungsmodul (100) in einem vorgegebenen Bereich gehalten wird, insbesondere mittels eines gesteuerten Gebläses (40) 30
- und/oder
- die Bestromung des Heizelementes (2) der Heizeinheit (50) intermittierend, insbesondere regelmäßig getaktet oder vermittelt eines Vorwiderstands oder eines Transformators, durchgeführt wird. 35

19. Verwendung nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- das Heizelement (2) so stark und so lange aufgeheizt wird, dass daran abgelagerter Staub, insbesondere Ruß, verbrannt wird 40
- und/oder
- das Heizelement (2) elektrostatisch positiv aufgeladen wird oder geerdet wird und stromaufwärts davon der heranströmenden Gase, insbesondere darin enthaltene Staub-Partikel, elektrostatisch negativ aufgeladen werden, 45
- und/oder 50
- das Heizelement (2) in einem Brennraum des Ofens (200) angeordnet ist, sodass von dem Heizelement (2) erzeugte Wärme zur Erwärmung eines den Ofen (200) umgebenden Raums nutzbar ist und/oder von dem Heizelement (2) erzeugte Wärme zur Reduzierung von benötigtem Brennmaterial und damit zur Reduzierung von Schadstoffemissionen nutzbar ist. 55



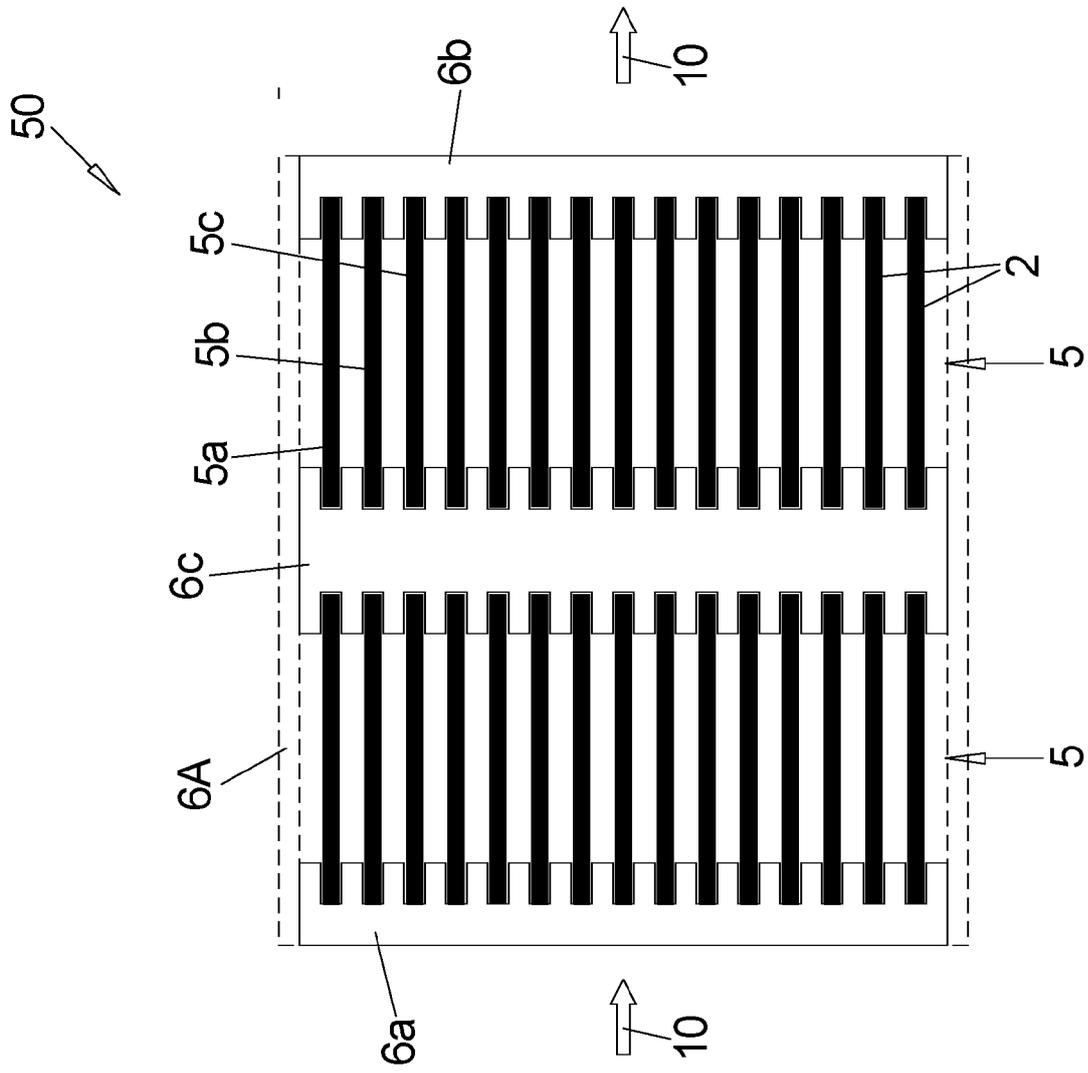


Fig. 1c

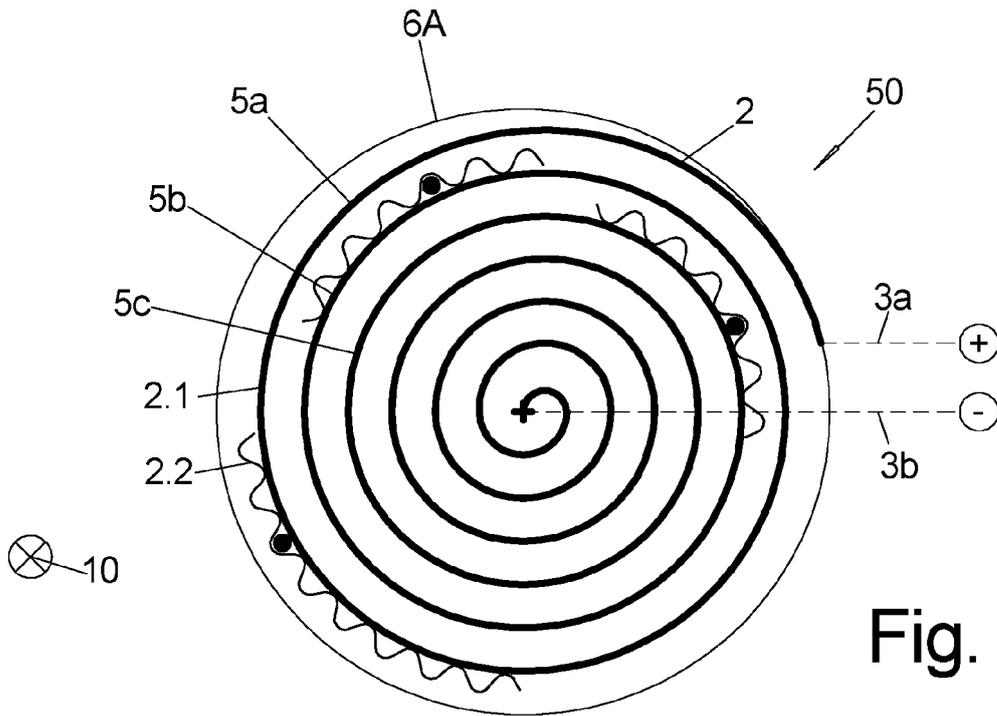


Fig. 2a

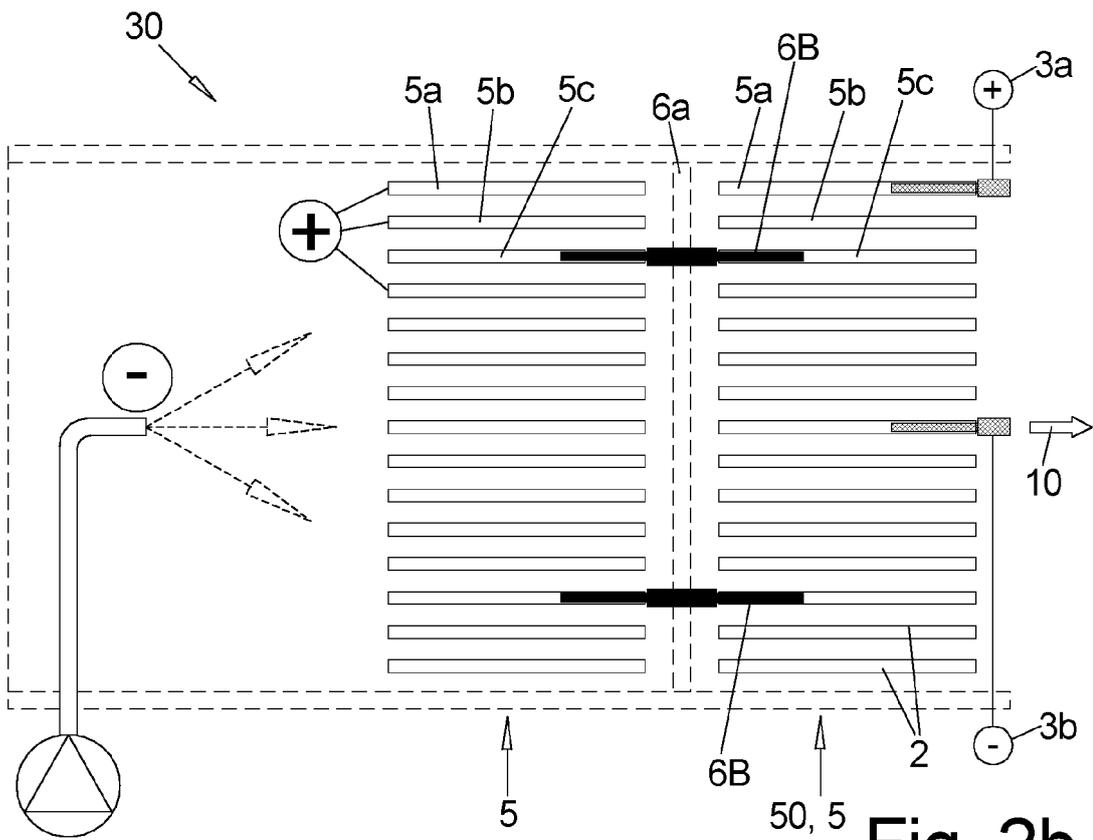


Fig. 2b

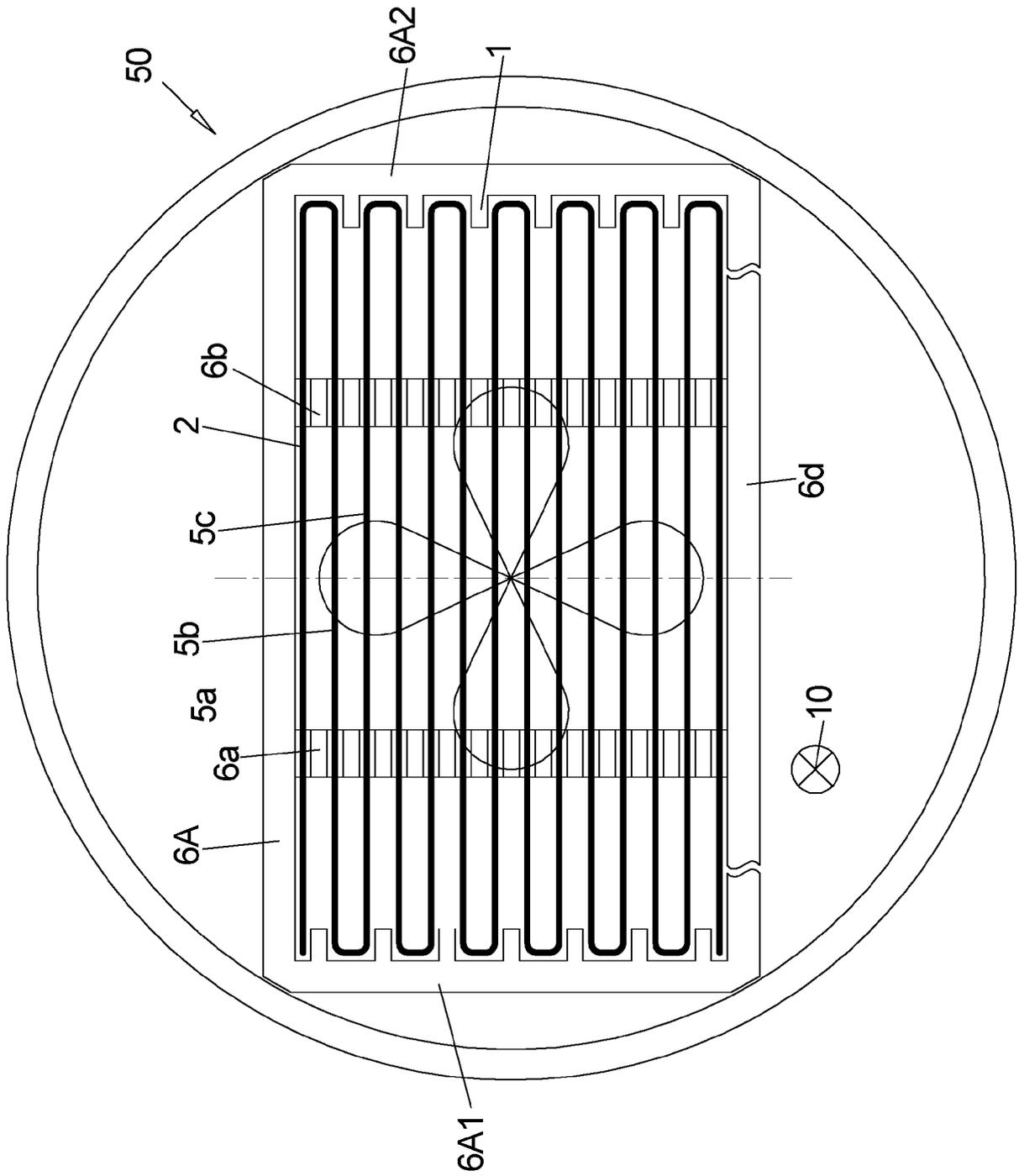


Fig. 3

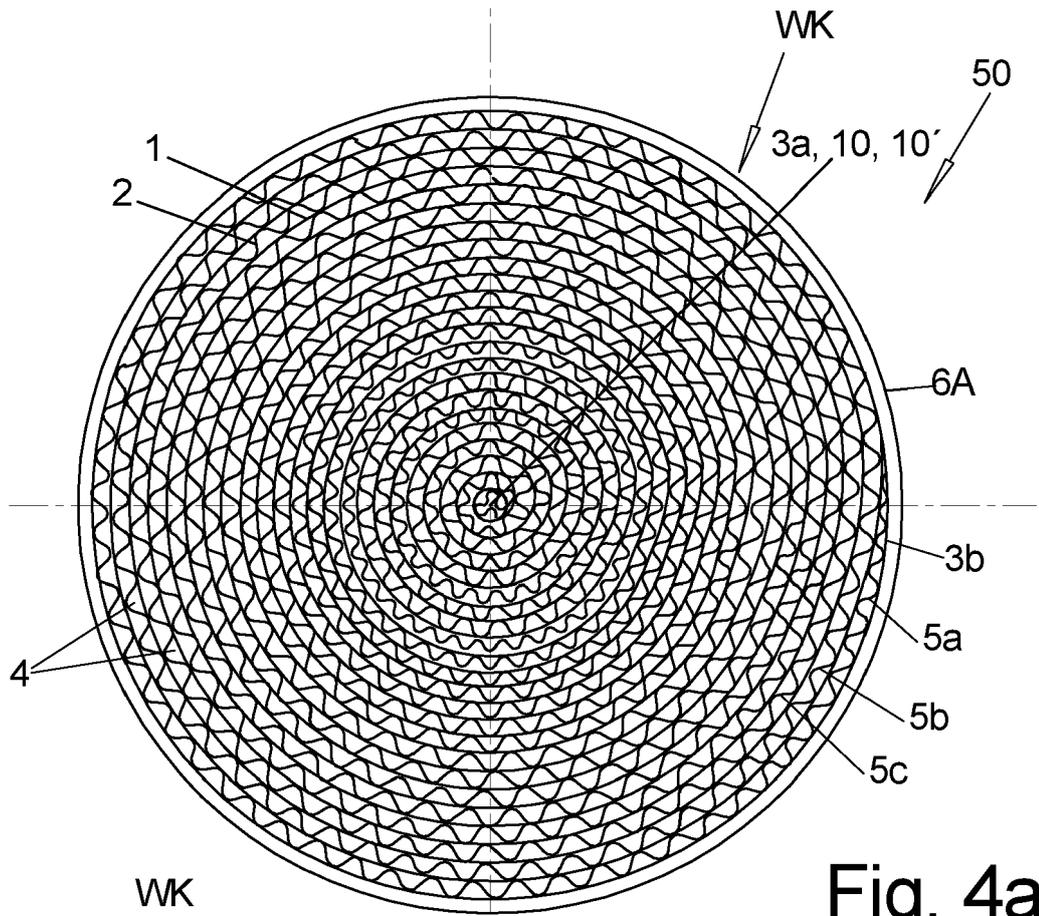


Fig. 4a

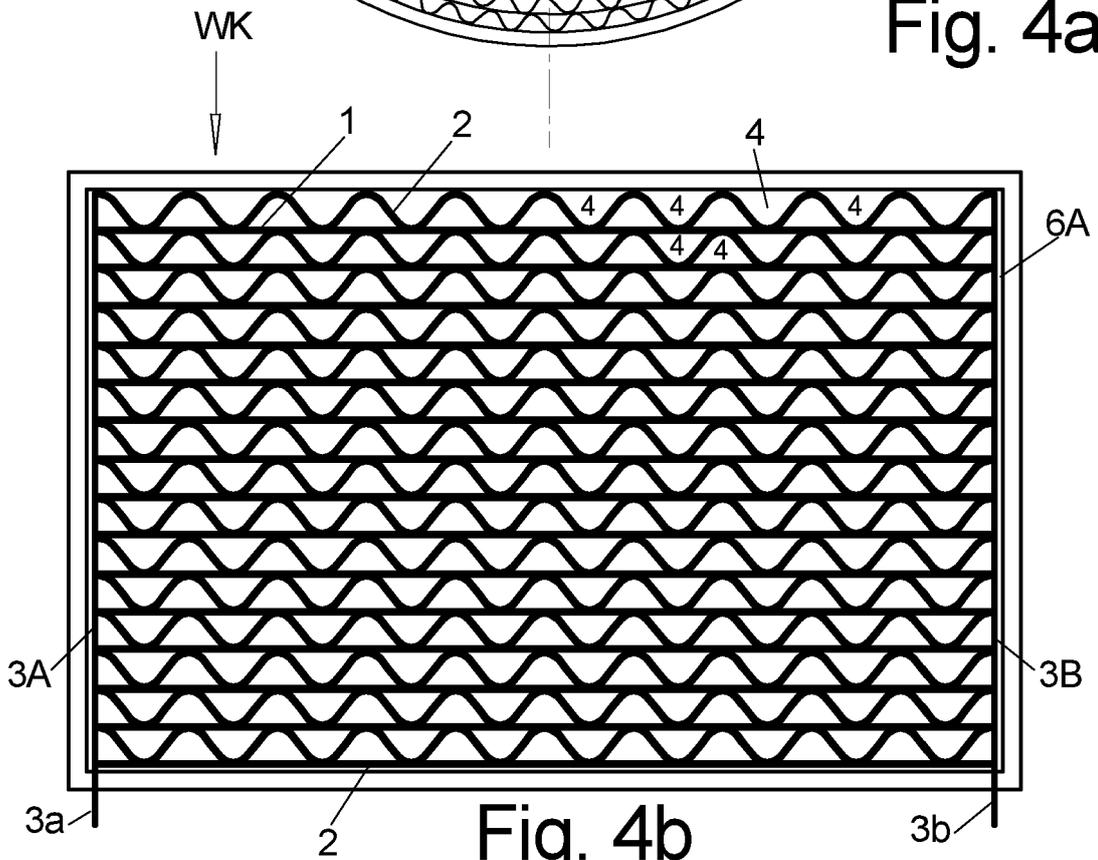


Fig. 4b

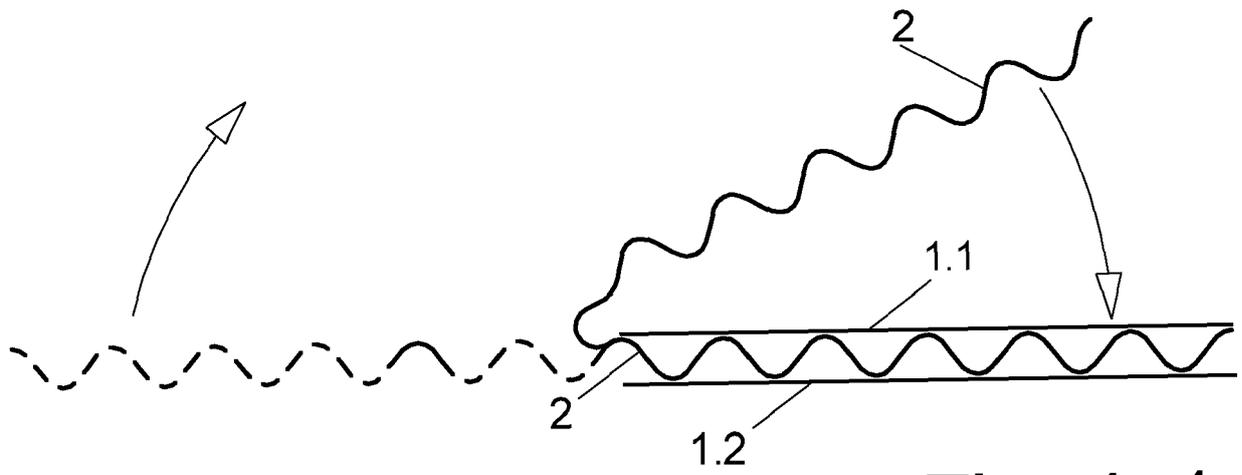


Fig. 4a1

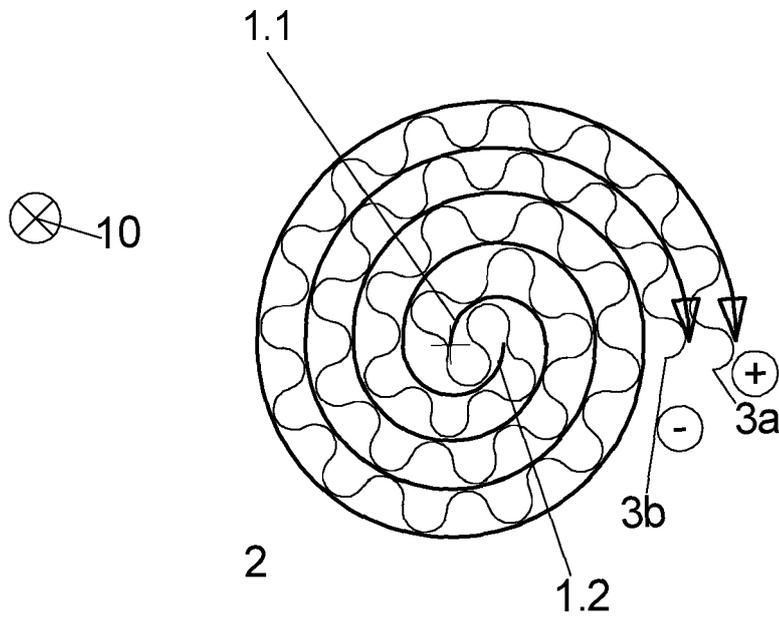


Fig. 4a2

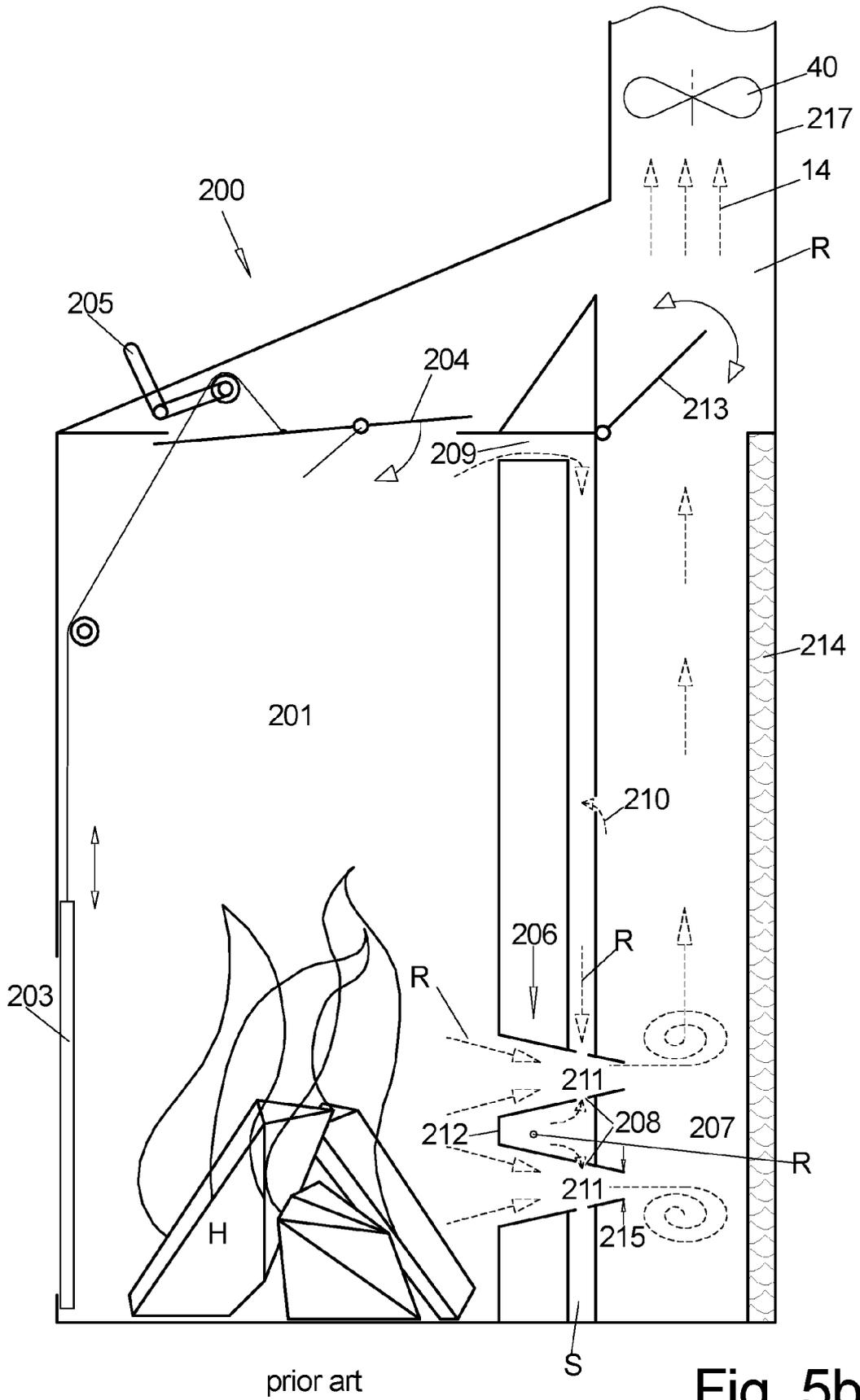
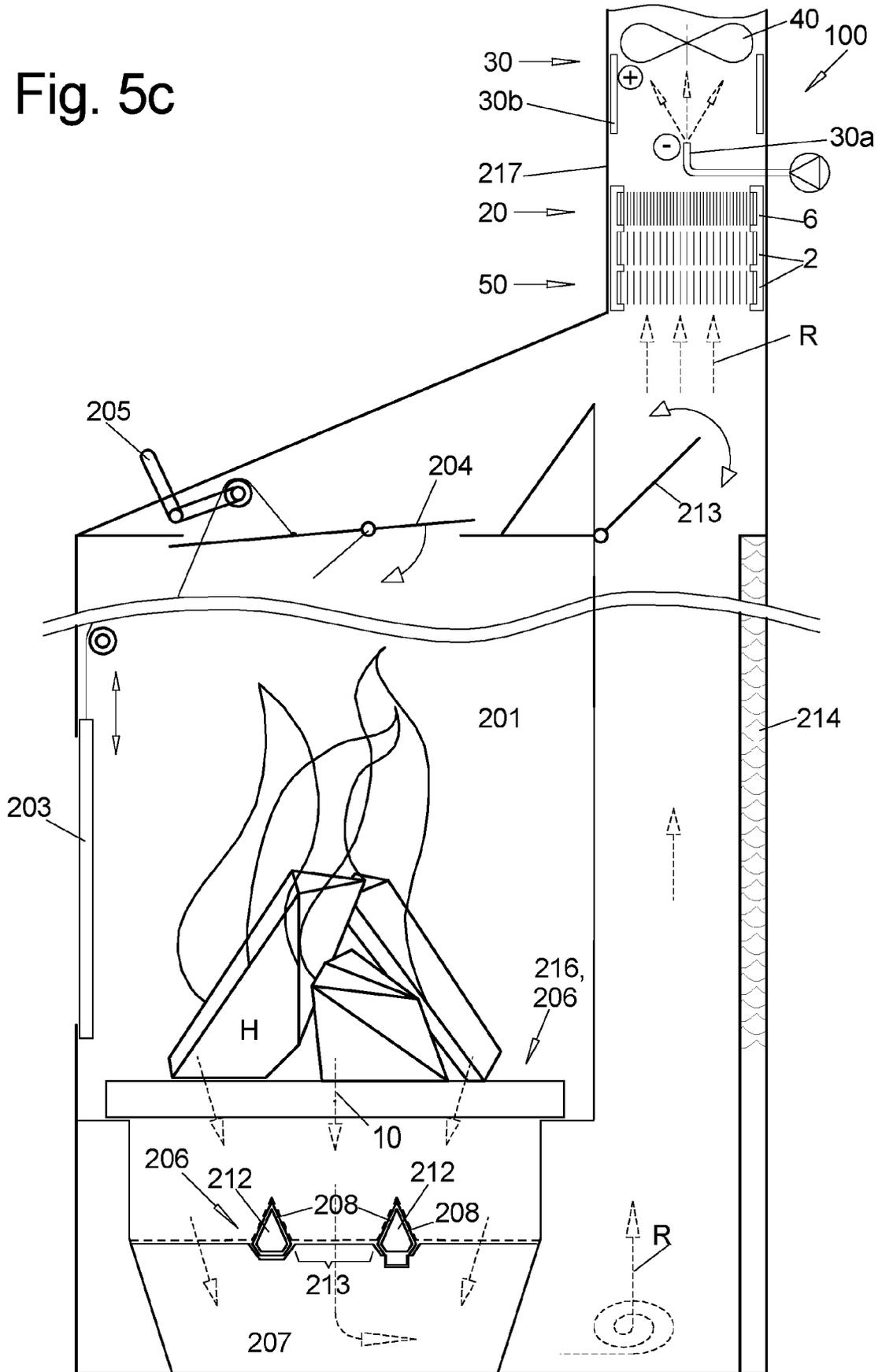


Fig. 5b

prior art

Fig. 5c



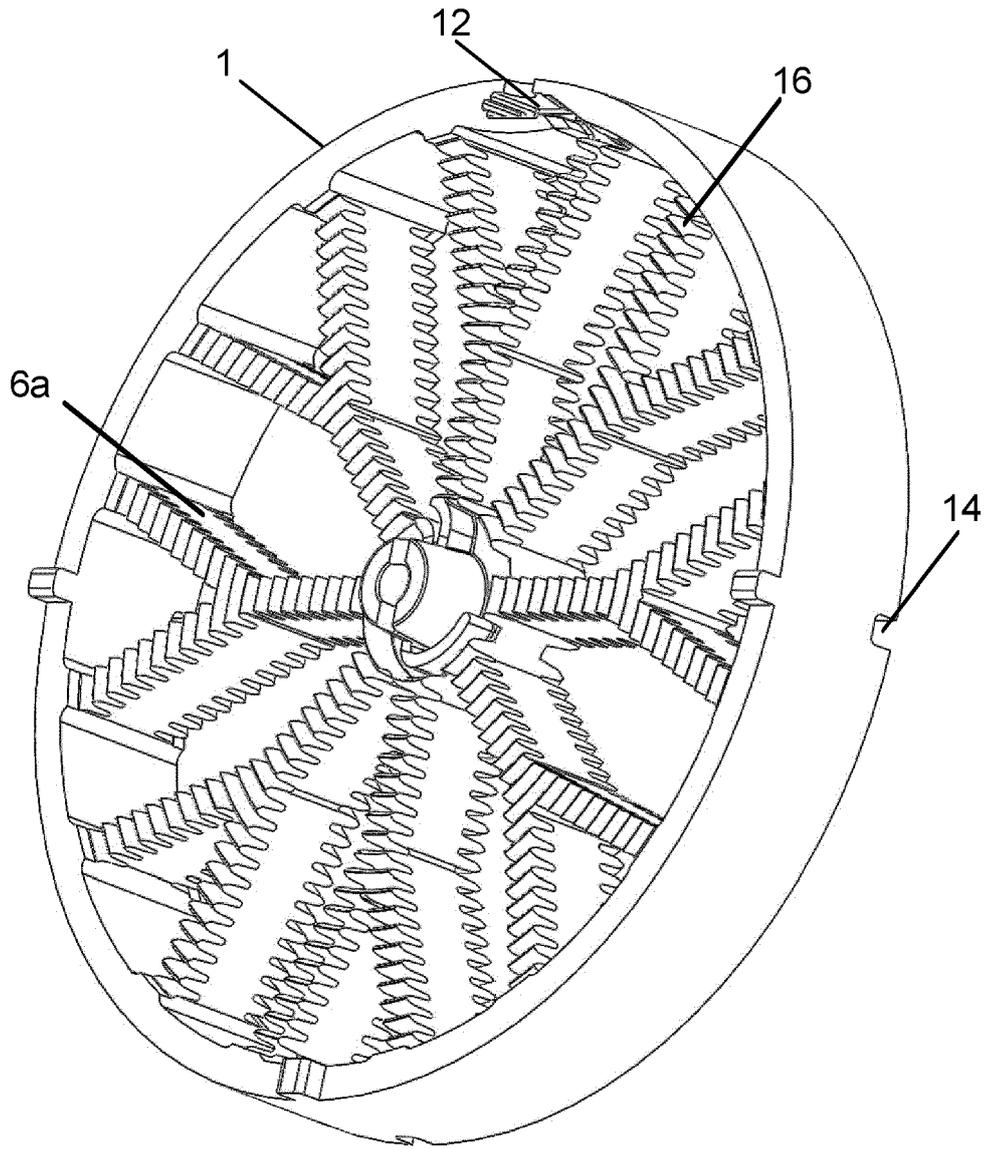


Fig. 6