



**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

Anmeldenummer: **91101187.2**

Int. Cl.<sup>5</sup>: **F23G 7/06**

Anmeldetag: **30.01.91**

Priorität: **30.01.90 DE 4002625**

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**07.08.91 Patentblatt 91/32**

Benannte Vertragsstaaten:  
**BE CH DE FR GB IT LI NL SE**

Anmelder: **LTG Lufttechnische GmbH**  
**Wernerstrasse 119-129**  
**W-7000 Stuttgart 40(DE)**

Erfinder: **Mokler, Bernhard, Dipl.-Ing.**  
**Merzenstrasse 35**  
**W-7000 Stuttgart 30(DE)**

Vertreter: **Gleiss, Alf-Olav, Dipl.-Ing. et al**  
**Patentanwaltskanzlei Gleiss & Grosse**  
**Silberburgstrasse 187**  
**W-7000 Stuttgart 1(DE)**

**Regenerativ-Reaktor zum Verbrennen von industriellen Abgasen.**

Die Erfindung betrifft einen Regenerativ-Reaktor zum Verbrennen von industriellen Abgasen, insbesondere von schadstoffhaltiger Abluft, mit mehreren in einem eine Umfangswandung (11;11') aufweisenden Gehäuse untergebrachten Wärmetauscherbereichen (1,2,3;70,71), die durch gasdichte an der Umfangswandung angebrachte Trennwände (13,14,15;74) voneinander getrennt jeweils zueinander benachbart angeordnet sind. Die Trennwände (13,14,15;74) sind zur Reduktion der auf die Umfangswandung (11;11') wirkenden Kräfte mit mindestens einer Dehnungsausgleichszone (DA) versehen und vorzugsweise mäanderförmig ausgebildet.

**EP 0 440 181 A2**

## REGENERATIV-REAKTOR ZUM VERBRENNEN VON INDUSTRIELLEN ABGASEN

Die Erfindung betrifft einen regenerativen Reaktor zum Verbrennen von industriellen Abgasen, insbesondere von schadstoffhaltiger Abluft gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Verbrennen von industriellen Abgasen gemäß Oberbegriff des Anspruchs 16.

In der Industrie entstehen verschiedene Abgase, welche unverbrannte Kohlenwasserstoffe enthalten. Beispielsweise wird beim Schäumen von Kunststoffen Pentan verwendet, welches in einem Reaktor der eingangs genannten Art verbrannt werden muß. Auch bei der Fertigung elektronischer Leiterplatten entsteht nach deren Lackieren ein lösungsmittelhaltiges Abgas. Überdies entsteht beim Räuchern von Fleisch Abluft mit organischen Kohlenwasserstoffen. Wenn Autokarosserien in Trocknungsanlagen getrocknet werden, entstehen lösungsmittelhaltige Abluft und Abgase, die sich bei der direkten Beheizung des Trocknungsvorgangs entwickeln. Schließlich entstehen beim Einsatz von Druckmaschinen erhebliche Mengen von lösungsmittelhaltiger Abluft und beim Trocknen von Industriekeramik Abgase.

Es gibt verschiedene Systeme zur Verbrennung derartiger Abgase, die mit regenerativen Reaktoren arbeiten, die Wärmetauscher aufweisen, um den thermischen Wirkungsgrad hoch zu halten und möglichst die Zufuhr von zusätzlicher Wärme mittels eines Brenners auf ein Minimum zu reduzieren oder zu vermeiden.

Ein derartiges Reaktorsystem mit drei Reaktoren in Form von sogenannten Behandlungstürmen ist aus der DE-OS 37 37 538 bekannt. Diese Türme sind in ihrem heißesten Bereich, nämlich im Bereich ihrer Oxidationskammern, durch eine großvolumige Verbindungsleitung verbunden. Diese muß ebenso wie der Innenteil der Anlage beim Anfahren auf Oxidationstemperatur gebracht werden, die beispielsweise 800° C betragen kann. Dafür sind erhebliche Wärmemengen und lange Aufheizzeiten erforderlich.

Ein ähnlich aufgebautes Reaktorsystem ist aus der DE-OS 38 37 989 bekannt. Bei diesem sind keine getrennten Behandlungstürme vorgesehen. Vielmehr sind drei Wärmetauscher innerhalb eines Gehäuses in einer Reihe nebeneinander angeordnet. Auch hier ergibt sich eine sehr große Oxidationskammer, die gleichzeitig auch die Verbindung zwischen den Wärmetauschern herstellt. Diese Oxidationskammer muß beim Anfahren zunächst aufgeheizt werden, was viel Energie und lange Aufheizzeiten erfordert. Überdies treten hier -wegen der hohen Betriebstemperaturhohe Wärmeverluste auf.

Aufgrund dieser technischen Gegebenheiten eignen sich diese bekannten Reaktoren praktisch nur für Abgasmengen ab etwa 15.000 Nm<sup>3</sup>/h.

Aus der DE-OS 29 51 525 ist schließlich ein Verfahren für die Behandlung eines Gases zum Entfernen von Verunreinigungen bekannt, bei dem ein als Ofen bezeichneter Reaktor eingesetzt wird, der ein zylindrisches Gehäuse aufweist, welches drei im Querschnitt sektorförmige Wärmetauscherbereiche aufweist. Oberhalb der Wärmetauscherbereiche befindet sich eine Oxidationskammer, in der die Abgase verbrannt werden. Aufgrund der dabei entstehenden Wärmeentwicklung ergibt sich eine hohe mechanische Belastung des Gehäuses, was zu einer Deformierung oder gar Zerstörung führen kann.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, einen thermisch optimierten Reaktor zu schaffen.

Diese Aufgabe wird bei einem regenerativen Reaktor der eingangs genannten Art mit Hilfe der in Anspruch 1 aufgeführten Merkmale gelöst. Dadurch, daß die Trennwände mit einer Dehnungsausgleichszone versehen sind, werden die bei der starken Erwärmung dieser Wände auftretenden Kräfte und Spannungen, die auf die Umfangswandung des Gehäuses wirken, stark reduziert. Auf diese Weise werden Verformungen des Gehäuses, die im Laufe mehrerer Betriebszyklen auftreten, auf ein Minimum reduziert.

Bevorzugt wird ein Reaktor, bei dem die Dehnungsausgleichszone der Trennwände sich über deren gesamte Breite erstreckt und die Trennwände gewellt ausgebildet sind. Derartig ausgestaltete Trennwände können über ihre gesamte Breite Kräfte aufnehmen und so Spannungen abbauen, die bei der starken Erwärmung des Reaktors auftreten. Dabei sind die Trennwände relativ einfach und damit preiswert herstellbar.

Besonders bevorzugt wird weiterhin eine Ausführungsform des Reaktors, bei dem die Trennwände doppelwandig ausgebildet sind. Da die benachbarten Wärmetauscherbereiche verschiedenen Gasströmungen ausgesetzt sind und damit unterschiedliche Temperaturen aufweisen, können Wärmespannungen, die auf dem starken Temperaturabfall innerhalb der Trennwände beruhen abgebaut werden. Die doppelwandig ausgebildeten Wände isolieren also die einzelnen Wärmetauscherbereiche besser voneinander, so daß schon deshalb weniger Wärmespannungen auftreten können.

Weiter wird eine Ausführungsform des Reaktors bevorzugt, bei dem die von der Umfangswandung ausgehenden Trennwände an einer Stelle zusammenstoßen und mit einem doppelwandigen Rohr verbunden sind. Dieses mündet einerseits in

der Oxidationskammer des Reaktors und andererseits außerhalb des Gehäuses. Es ist also möglich, aus der Oxidationskammer Heißgas abzusaugen und damit die Temperatur des Reaktors optimal einzustellen, insbesondere eine Überhitzung zu vermeiden. Auf diese Weise kann eine zu große Temperaturerhöhung im Inneren des Reaktors vermieden werden. Auch dadurch lassen sich Wärmespannungen optimal abbauen. Dadurch, daß das Rohr im Inneren des Reaktors doppelwandig ausgebildet ist, kann dem aus der Oxidationskammer abgezogenen Gas Luft, vorzugsweise Kaltluft, zugeführt werden, so daß insgesamt das aus dem Reaktor abgezogene Gas eine deutlich niedrigere Temperatur aufweist, als in der Oxidationskammer. Auch dadurch lassen sich thermische Belastungen des Reaktors und der nachgeordneten Elemente weiter reduzieren.

Besonders bevorzugt wird ein Ausführungsbeispiel des Reaktors, das sich dadurch auszeichnet, daß in den dem Abzug des Gases dienenden Rohr eine Klappe angeordnet ist, die mit dem abgezogenen Gas und mit der zugeführten Kaltluft beaufschlagbar ist. Aufgrund der durch die Zufuhr der Kaltluft reduzierten Gastemperatur sinkt die thermische Belastung der Klappe, die daraufhin relativ einfach ausführbar ist.

Weitere Ausführungsformen des Reaktors ergeben sich aus den übrigen Unteransprüchen.

Aufgabe der Erfindung ist es außerdem ein Verfahren zum Verbrennen von industriellen Abgasen, insbesondere von schadstoffhaltiger Abluft, zu schaffen, bei dem die thermische Belastung des Reaktors minimiert wird.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art mit Hilfe der in Anspruch 16 aufgeführten Verfahrensschritte gelöst. Durch den Wechsel der Strömungsrichtungen von Reingas, Rohgas und Spülgas innerhalb der Wärmetauscherbereiche kann die Temperatur innerhalb des Reaktors eingestellt werden. Dabei wird bei der Umschaltung der Gasströme außerdem vermieden, daß Rohgas an die Umwelt abgegeben wird.

Besonders bevorzugt wird ein Verfahren, bei dem heißes Reingas, Heißgas, aus der Oxidationskammer abgezogen wird, wenn die Temperatur im inneren des Reaktors zu hoch zu werden droht. Dabei wird dem Heißgas zur Reduzierung der thermischen Belastung nachgeschalteter Steuermittel Frischluft, vorzugsweise Kaltluft beigemischt.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1A und 1B eine Explosionsdarstellung eines ersten Ausführungsbeispiels des Reaktors, wobei in Figur 1A die Haube und in Figur 1B das Basisteil des Reaktors wiedergegeben sind;

Figur 2 eine Darstellung der Anschlüsse des Reaktors nach Figur 1A und 1B;

Figur 3 Tabellen mit zwei Versionen von im Betrieb des Reaktors nach den Figuren 1A, 1B und 2 gewählten Ventilstellungen;

Figur 4 eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Reaktors;

Figur 5 eine Tabelle mit den beim Betrieb des Reaktors nach Figur 4 gewählten Ventilstellungen;

Figur 6 einen Schnitt entlang der Linie VI-VI in Figur 4;

Figur 7 einen Schnitt entlang der Linie VII-VII in Figur 6;

Figur 8 einen Schnitt längs der Ebene eines Trennblechs gemäß Figur 1A/1B im zusammengebauten Zustand des Reaktors;

Figur 9 eine Trennwand in Draufsicht mit einer U-förmigen Dehnungsausgleichszone;

Figur 10 eine Trennwand in Draufsicht mit einer S-förmigen Dehnungsausgleichszone;

Figur 11 eine Trennwand in Draufsicht mit einer durchgehenden mäanderförmigen Dehnungsausgleichszone;

Figur 12 eine Trennwand in Draufsicht mit einer Hinterschneidungen aufweisenden Dehnungsausgleichszone;

Figur 13 eine erste Ausführungsform des dem Abzug von Heißgas dienenden zentralen Rohrs im Reaktor und

Figur 14 eine zweite Ausführungsform des dem Abzug von Heißgas dienenden zentralen Rohrs im Reaktor.

Figur 1B zeigt das Basisteil eines regenerativen Reaktors 10 mit einer kreiszylindrischen Umfangswandung 11. In ihrer Längsachse erstreckt sich ein Rohr 12, das über den oberen Rand R' der Umfangswandung 11 übersteht. Zwischen diesem Rohr 12 und der Umfangswandung sind drei Trennwände 13, 14 und 15 eingeschweißt, die zueinander in gleichen Winkelabständen von 120° angeordnet sind und gleiche Form aufweisen. Wenn mehr als drei Trennwände vorgesehen sind, sind die Winkelabstände entsprechend zu wählen.

Die Trennwände sind als Rechtecke ausgebildet, wobei an der oberen, inneren Ecke, die dem Rohr 12 zugewandt ist, jeweils ein Ausschnitt 13', 14', beziehungsweise 15' vorgesehen ist, der vom oberen Ende des Rohres 12 schräg nach oben und außen verläuft, wie dies aus den Figuren 1B und 8 ersichtlich ist. Die Begrenzungslinie des Aus-

schnitts kann beispielsweise -wie in Figur 1B- kreissektorförmig aber auch linear verlaufen.

Die Umfangswandung 11 ist unten durch einen das Gehäuse gasdicht abschließenden Boden verschlossen. Die Trennwände 13, 14 und 15 erstrecken sich bis zu diesem Boden und sind mit ihm verschweißt.

Durch die drei Trennwände 13, 14 und 15, welche, ausgehend von der Umfangswandung 11, alle auf eine gemeinsame Stelle zulaufen, hier auf das Rohr 12, wird das Innere des Gehäuses in drei kreissektorförmige Bereiche 1, 2 und 3 aufgeteilt, welche von den Trennwänden gasdicht voneinander getrennt sind, jedoch im oberen Bereich, nämlich im Bereich der Aussparungen beziehungsweise Ausschnitten 13', 14' und 15' miteinander in Verbindung stehen.

Im Boden 17 sind für jeden der Bereiche 1, 2 und 3 drei Anschlüsse vorgesehen, die jeweils die Indexzahl des betreffenden Bereichs aufweisen. So hat jeder der Bereiche im Boden 17 eine Anschlußöffnung A für Rohgas, die folglich mit A1, A2 und A3 bezeichnet wird. Ebenso hat jeder Bereich 1, 2 und 3 eine Anschlußöffnung R für Reingas, die entsprechend mit R1, R2 beispielsweise R3 bezeichnet wird. Schließlich hat jeder der Bereiche 1, 2 und 3 eine Anschlußöffnung S für Spülgas, die entsprechend mit S1, S2 und S3 bezeichnet wird.

Die Anschlüsse für Rohgas (A1 bis A3), Reingas (R1 bis R3) und Spülgas (S1 bis S3) können jeweils direkt mit einem Ventil beziehungsweise Schieber versehen sein, wie das in Figur 2 durch die schrägen Striche 25 angedeutet ist. Alternativ können sich solche Ventile beziehungsweise Schieber in den Zuleitungen zu diesen Anschlüssen befinden. Gewöhnlich sind solche Ventile als Klappen ausgebildet.

Oberhalb des Bodens 17 ist innerhalb des Gehäuses eine von der Umfangswandung 11 umschlossene Anströmkammer gebildet, die durch die drei Trennwände 13, 14 und 15 in gasdicht getrennte Anströmkammern AK1, AK2 und AK3 unterteilt wird. Die Anströmkammern erstrecken sich vom Boden 17 bis zu einem Rost 30 etwa über ein Drittel der Höhe des Innenraums des Gehäuses.

Der Rost 30 der so ausgebildet sein kann, wie der im Schnitt dargestellte Rost 30' in Figur 4 und der in Figur 1 B nur schematisch angedeutet ist, dient der Abstützung einer Schüttung 35 aus inertem keramischem Material mit hohem Wärmespeichervermögen, die sich vom Rost 30 bis nahezu zum oberen Rand R' der Umfangswandung 11 erstreckt. In Figur 1B ist die Schüttung durch eine Kreuzschraffur 36 angedeutet. Im Betrieb des Reaktors nimmt die Temperatur der Schüttung im Bereich dieser Kreuzschraffur von oben nach unten ab, wobei zum Beispiel oben eine Temperatur von ca. 700° C bis 800° C und unten eine Temperatur

von etwa 100° C herrschen kann.

Etwa in der Mitte des kreuzschraffierten Bereichs 36 oder etwas darunter ist außen an der Umfangswandung 11 ein Ringflansch 40 befestigt, der in üblicher Weise mit Löchern 41 versehen ist. Dieser Ringflansch befindet sich also in einer Zone mittlerer Temperatur von beispielsweise 300° C. Je nachdem, ob der Flansch weiter oben oder unten angebracht wird, ändert sich die dort herrschende Temperatur.

An dem Ringflansch 40 wird ein Ringflansch 45 eines haubenförmigen Teils befestigt, das im folgenden als Haube 47 bezeichnet wird und in Figur 1A dargestellt ist. Dieser Ringflansch 45 hat ebenfalls Löcher 46, die mit den Löchern 41 im Ringflansch in Deckung bringbar sind und der Aufnahme von Schrauben oder sonstigen Befestigungsmitteln dienen. Mit Hilfe dieser, hier nicht dargestellten Schrauben, kann die Haube an dem Gehäuse befestigt werden.

Die Haube 47 hat einen sich an den Ringflansch 45 anschließenden zylinderförmigen Abschnitt 49, der vorzugsweise aus Stahl gefertigt ist und oben in einen kreisrunden Deckel 50 übergeht, welcher ebenfalls aus Stahl bestehen kann und den oberen Abschluß der Haube 47 bildet.

Die hier dargestellte Ausführungsform des Reaktors ist kreiszylindrisch, das heißt, das Gehäuse hat, ebenso wie die Haube 47, kreiszylindrische Form. Es ist auch denkbar, daß beide Teile dreieckförmig ausgebildet sind, wobei die Dreieckform des Gehäuses beziehungsweise der Haube dann durch dreieckige Bereiche des Wärmetauschers vorgegeben wird. Anstelle der dreieckigen Form können auch andere vieleckige Außenformen des Gehäuses beziehungsweise der Haube gewählt werden.

Die Haube 47 ist zur Isolation und wegen der hohen Temperatur in ihrem Inneren durchgehend mit einer feuerfesten Auskleidung versehen, die hier nur schematisch mit der Bezugsziffer 52 angedeutet ist. Das Material der Auskleidung kann beliebig gewählt werden. So ist beispielsweise eine feuerfeste Ausmauerung mit Feuerleichtsteinen, mit feuerfestem Zement oder mit einer feuerfesten Matte zum Beispiel aus Silikaten wählbar.

Aus der Darstellung gemäß den Figuren 1A und 1B ist ersichtlich, daß die Umfangswandung 11 und die Trennwände 13, 14 und 15 nicht feuerfest ausgekleidet zu sein brauchen. Es reicht hier der Einsatz von hochlegiertem Stahl. Die Isolation im oberen, besonders heißen Bereich der Schüttung 35 wird durch die feuerfeste Auskleidung 52 der Haube 57 übernommen.

Die Haube 47 hat einen seitlichen Anschlußstutzen 55, durch den bei Bedarf, beispielsweise bei zu hoher Wärmeentwicklung während der Verbrennung des Rohgases, Heißgas entnommen wer-

den kann, beispielsweise zur Wassererwärmung. Ebenso kann Heißgas auch durch das zentrale Rohr 12 entnommen werden, wodurch sich eine besonders kompakte Bauform des Reaktors ergibt.

Ferner ist an der Haube 47 ein Brenner 56 vorgesehen, der im Deckel 50, oder wie hier dargestellt, in der Seitenwand der Haube angeordnet sein kann. Die Flamme des Brenners ist zur Mitte des von der Haube 47 umschlossenen Raums gerichtet.

Der Innendurchmesser der Haube 47 ist so bemessen, daß zwischen ihrer Innenseite und der radialen Außenseite 13", 14" und 15" der Trennwände 13, 14 und 15 nur ein kleiner Spalt 51 (siehe Figur 8) bestehen bleibt. Die Höhe der Haube 47 ist so bemessen, daß zwischen ihrer Innenseite im Bereich des Deckels 50 und der Oberkante 13", 14" und 15" der Trennwände nur ein kleiner Spalt 53 (siehe Figur 8) bestehen bleibt.

Bei aufgesetzter Haube 47 wird zwischen ihrer Innenwand und der Oberseite der Schüttung 35 eine Oxidationskammer 60 des Reaktors 10 gebildet, in welcher die Hauptoxidation des zugeführten Rohgases stattfindet.

Bei der Verbrennung von industriellen Abgasen beziehungsweise von schadstoffhaltiger Abluft werden Rohgas, Reingas und Spülgas im Wechsel durch die verschiedenen Wärmetauscherbereiche geleitet. Beispielsweise wird das Rohgas durch die Schüttung 35 im Wärmetauscherbereich 1 der Oxidationskammer 60 zugeführt und dort verbrannt. Das dabei entstehende Reingas wird durch die Schüttung 35 im Wärmetauscherbereich 2 abgeführt. Dabei muß das Gas in der Oxidationskammer 60 aus dem Oxidationskammerbereich O1 oberhalb des Wärmetauscherbereichs 1 durch die Aussparungen 13', 14' und 15' der Trennwände 13, 14 und 15 strömen. Dabei findet eine intensive Verwirbelung statt. Daher wird dieser Bereich der Aussparungen in den Trennwänden auch Verwirbelungsbereich VW genannt. Insbesondere in der Anlaufphase, also bei Inbetriebnahme des Reaktors, wird die Luft im Verwirbelungsbereich VW durch den Brenner 56 erhitzt und auf die Reaktionstemperatur gebracht. Ein Einschalten des Brenners ist auch dann erforderlich, wenn die beim Verbrennen der Abgase frei werdende Wärme nicht ausreicht, die Reaktionstemperatur aufrecht zu erhalten.

Die Gasströmung wird durch Verstellen der Schieber beziehungsweise Klappen, die den Anschlüssen für Rohgas (A1 bis A3), Reingas (R1 bis R3) und Spülgas (S1 bis S3) zugeordnet sind, eingestellt. Dabei ist es gleichgültig, durch welchen Wärmetauscherbereich das Rohgas zugeführt und durch welchen das Reingas abgeleitet wird. Infolge der Symmetrie der Anordnung ergeben sich immer gleiche Verhältnisse.

Anhand der Figuren 2 und 3 wird das Verfah-

ren zum Verbrennen von industriellen Abgasen beziehungsweise die Funktion des Reaktors näher erläutert. Durch Öffnen und Schließen der entsprechenden den Anschlüssen A1 bis A3, R1 bis R3 und S1 bis S3 zugeordneten Ventile beziehungsweise Klappen im Boden 17 des Gehäuses des Reaktors 10 werden die Gasströme zyklisch weitergeschaltet, um eine Rückgewinnung der beim Verbrennen der Gase entstehenden Wärme zu erreichen.

Figur 2 zeigt schematisch die an den Reaktor 10 angeschlossenen Rohrleitungen und die zugehörigen Ventile beziehungsweise Klappen.

Das Rohgas wird über eine Leitung 62, in welche gegebenenfalls ein Gebläse 63 oder eine sonstige Luftförderungseinrichtung eingeschaltet sein kann, den Anschlüssen A1, A2 und A3 und den dort angeordneten Ventilen dem Reaktor zugeführt. Das Reingas kann durch ein Gebläse 64 oder eine sonstige Luftförderungseinrichtung von den Anschlüssen R1, R2 und R3 in eine Leitung 65 abgezogen beziehungsweise gesaugt und über eine Leitung 66 beispielsweise einem Kamin, zugeführt oder über eine Leitung 20 und eine Leitung 67 als Spülgas den Anschlüssen S1 bis S3 zugeführt werden. Durch gestrichelte Darstellung des Gebläses 63 soll angedeutet werden, daß auch eines der Gebläse entfallen kann.

In Figur 2 ist durch eine gestrichelte Linie angedeutet, daß über eine Leitung 21 als Spülgas auch Luft, beziehungsweise Kaltluft, verwendet werden kann.

Für den Betrieb des Reaktors 10 ergeben sich zwei Möglichkeiten, nämlich Version 1 und Version 2, die anhand der Tabellen in Figur 3 erläutert werden. Die Gasströmungen durch die Wärmetauscherbereiche des Reaktors 10 werden durch Öffnen und Schließen der den Anschlußstutzen im Boden 17 zugeordneten Ventile beziehungsweise Klappen eingestellt. In Figur 3 sind jeweils nur die geöffneten Anschlüsse, also die Anschlüsse dargestellt, deren zugehörige Klappen beziehungsweise Ventile geöffnet sind. Die anderen, nicht angegebenen Anschlüsse sind geschlossen, ohne daß dies in Figur 3 besonders erwähnt wird.

Durch die Ziffern 1, 2 und 3 sind die Wärmetauscherbereiche des Reaktors 10 gekennzeichnet. Durch einen nach oben gerichteten Pfeil wird angedeutet, daß die Temperatur der Schüttung 35 des betreffenden Wärmetauscherbereichs zunimmt, während ein nach unten gerichteter Pfeil bedeutet, daß die Temperatur der betreffenden Schüttung 35 dieses Bereichs abnimmt.

Ein horizontaler Strich zeigt an, daß die Temperatur der Schüttung im wesentlichen unverändert bleibt.

Bei Version 1 des Verfahrens sind in der Phase I zunächst die Anschlüsse A1, R2 und S3 geöffnet,

so daß Rohgas über die Schüttung 35 im Wärmetauscherbereich 1 der Oxidationskammer 60 zugeführt und dort oxidiert wird. Dieser Vorgang ist exotherm, das heißt, es wird Wärme frei. Das dabei entstehende heiße Gas wird als Reingas über die Schüttung 35 im Wärmetauscherbereich 2 abgeleitet. Während dieser Zeit wird die Schüttung 35 im Wärmetauscherbereich 3 durch Spülgas gespült.

Bei einer derartigen Gasführung nimmt die Temperatur im Wärmetauscherbereich 2 zu, während sie im Wärmetauscherbereich 1 abnimmt. Dabei ergibt sich im Wärmetauscherbereich 3 aufgrund der nur kurze Zeit dauernden Spülung keine wesentliche Temperaturänderung.

Bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel des Reaktors beziehungsweise bei der Ausführungsform des Verfahrens wird beispielsweise nach 3 Minuten zu Phase II weitergeschaltet und nach weiteren 3 Minuten zu Phase III. Danach wird -nach weiteren 3 Minuten- wieder auf Phase I umgeschaltet.

Auf diese Weise wird jeweils der durch das Reingas erhitzte Wärmetauscherbereich zur Aufheizung des zugeführten Rohgases verwendet, das sich dort gegebenenfalls auch bereits entzünden und somit oxidiert werden kann.

Effektiver, aber mit einem höheren Schaltaufwand verbunden, ist die in Figur 3 dargestellte Version 2 des Verfahrens: Hierbei liegen jeweils zwischen den Phasen Ib, IIb und IIIb, die beispielsweise 2 bis 3 Minuten dauern, Spülphasen IIa, IIIa und Ia, welche beispielsweise jeweils 10 Sekunden dauern, und während derer Rohgas aus einem Wärmetauscherbereich in die Oxidationskammer gespült und dort verbrannt wird.

Auch bei der Version 2 in Figur 3 sind lediglich offene Anschlüsse angegeben, die während einer Betriebsphase geschlossenen Anschlüsse sind jeweils nicht wiedergegeben.

Gemäß Figur 3 sind bei der Version 2 während der Phase Ib die Anschlüsse A1, R2 und R3 geöffnet, so daß Rohgas über den Wärmetauscherbereich 1 der Oxidationskammer 60 zugeführt wird, dort oxidiert und dann über die beiden parallel geschalteten Wärmetauscherbereiche 2 und 3 wieder abgeleitet wird. Dabei werden letztere aufgeheizt, während der Wärmetauscherbereich 1 Wärme an das Rohgas abgibt und dadurch kälter wird. Anschließend wird während der Phase IIa der Wärmetauscherbereich 1 kurz gespült, um das noch in ihm enthaltene Rohgas in der Oxidationskammer 60 zu verbrennen. Das Rohgas wird ansonsten während der Phase IIa durch den Wärmetauscherbereich 2 der Oxidationskammer 60 zugeleitet und von dort als Reingas über den Wärmetauscherbereich 3 abgeleitet.

Nach dem Spülen wird dann in der Phase IIb das Reingas zusätzlich auch über den -gespülten-

Wärmetauscherbereich 1 abgeleitet. Der weitere Vorgang der zyklischen Vertauschung ergibt sich aus Figur 3, Version 2. Das heißt, die Zu- und Ableitung von Roh- und Reingas beziehungsweise von Spülgas wird, wie eben beschrieben, bei jeweils dem nachfolgenden Wärmetauscherbereich fortgesetzt.

Figur 4 zeigt sehr schematisch ein vereinfachtes System mit nur zwei Wärmetauscherbereichen 70 und 71, in welchen sich ebenfalls eine Schüttung 35 aus Wärmetauschermaterial befindet. Die Wärmetauscherbereiche 70 und 71 haben hier jeweils einen halbkreisförmigen Querschnitt, der sich aus Figur 6 ergibt. Die Schüttungen 35 liegen auf einem Rost 30', an den sich unten eine Anströmkammer beziehungsweise ein Anströmkasten 72 beziehungsweise 73 anschließt. Die Anschlüsse des Anströmkastens 72 sind mit A1, S1 und R1 bezeichnet, die des Anschlußkastens 73 mit A2, S2 und R3, wobei wiederum die Anschlußöffnungen A für Rohgas, die Anschlußöffnungen R für Reingas und die Anschlußöffnungen S für Spülgas bestimmt sind.

Die Trennwand zwischen den beiden Wärmetauscherbereichen 70 und 71 und den beiden Anströmkästen 72 und 73 ist mit 74 bezeichnet. Sie hat oben in der Oxidationskammer 76 eine Durchströmöffnung 75, die in Figur 7 dargestellt und hier im wesentlichen rechteckig ausgebildet ist. Durch diese Öffnung kann hier ein Gasstrom 77 von links nach rechts oder ein Gasstrom 78 von rechts nach links strömen, was in Figur 4 mit entsprechenden Pfeilen angedeutet ist.

Auf die Durchströmöffnung 75 ist die Flamme eines zündbaren Brenners 56' gerichtet.

An die Oxidationskammer 76 ist seitlich eine Leitung 80 angeschlossen, in welcher ein als Klappe ausgebildetes Ventil B angeordnet ist. Die Leitung 80 wird für die Spülvorgänge benötigt, die gemäß Figur 5 während der Phasen Ib und IIb stattfinden. Die Zuführleitung für Rohgas ist in Figur 4 mit 82 bezeichnet, die Abführleitung für Reingas mit 83. Sie führt gewöhnlich zu einem -hier nicht dargestellten-Kamin. Die Zuführleitung für Spülgas ist mit 84 bezeichnet.

Konstruktiv kann der in Figur 4 dargestellte Reaktor 85 ähnlich ausgebildet sein wie der Reaktor 10 nach Figuren 1A und 1B. Insbesondere kann auch hier eine Haube mit feuerfester Auskleidung vorgesehen werden, die auch an die Umfangswandung 11' angeschweißt sein kann. Die Haube ist allerdings in den Figuren 4 bis 7 nicht dargestellt, da diese Figuren nur eine schematische Wiedergabe zeigen.

Der durch einen Pfeil angedeutete Gasstrom 77 in der Oxidationskammer 76 entsteht in der Phase Ia, also dann, wenn die Anschlüsse A1 und R2 geöffnet sind. Diese bleiben beispielsweise 3

Minuten lang geöffnet.

Anschließend wird in der Phase Ib der Wärmetauscherbereich 70 durch Öffnen des Anschlusses S1 gespült, wobei das ausgespülte Gas nach Verbrennung in der Oxidationskammer 76 über die Leitung 80 und das Ventil B direkt dem Kamin zugeführt wird.

Nach dem Spülen wird in Phase IIa umgeschaltet, wobei der durch einen Pfeil angedeutete Gasstrom 78 entsteht, während die Anschlüsse A2 und R1 geöffnet sind. Anschließend wird gemäß Phase IIb gespült. Danach wird wieder von vorne mit Phase Ia begonnen.

Die Steuerung des Gasstroms ergibt sich aus der Tabelle gemäß Figur 5, in der die in den einzelnen Phasen Ia, Ib, und IIa und IIb geöffneten Anschlüsse angegeben sind. Auch hier sind, wie in Figur 3, geschlossene Anschlüsse nicht angegeben.

In Figur 4 sind -ähnlich wie in Figur 2- Gebläse 63' und 64' vorgesehen, die die Gasströme durch den Reaktor 85 drücken beziehungsweise saugen.

In den Figuren 1, 2, 6, 7 und 8 sind die Dehnungsausgleichszonen in den Trennwänden zwischen den Wärmetauscherbereichen lediglich angedeutet und mit DA gekennzeichnet. Anhand der Figuren 9 bis 12 soll deren Ausgestaltung unten näher erläutert werden.

Figur 6 zeigt den in Figur 4 dargestellten Reaktor 85 in Draufsicht, wobei der Deckel abgenommen wurde.

Bei dieser Darstellung sind die Umfassungswandung 11', der in der Haube des Reaktors 85 angebrachte Brenner 56', die mit Dehnungsausgleichszonen DA versehene Trennwand 74 zwischen den Wärmetauscherbereichen 70 und 71 sowie die in dieser Trennwand vorgesehene Durchströmöffnung 75 erkennbar, die hier den Verwirbelungsbereich bildet. Seitlich an die Oxidationskammer 76 ist die Leitung 80 angeschlossen, in der sich ein Ventil B befindet.

Figur 7 zeigt einen aufgeschnittenen Reaktor 85, wie er in den Figuren 4 und 6 dargestellt ist.

Bei dieser Figur ist die Trennwand 74 von der Seite zu sehen, so daß deren Durchströmöffnung 75 deutlich sichtbar ist. Durch diese hindurch erkennt man die Öffnung des Brenners 76, der auf die Durchströmöffnung beziehungsweise den Verwirbelungsbereich des Reaktors 85 gerichtet ist. Über die Durchströmöffnung 75 sind die beiden durch die Trennwand 74 voneinander separierten Bereiche der Oxidationskammer 76 miteinander verbunden.

In Figur 7 sind weiterhin die Umfassungswandung 11', der Wärmetauscherbereich 70 sowie dessen Schüttung 35 erkennbar.

Figur 8 zeigt einen Teilschnitt durch einen Reaktor 10, wie er in den Figuren 1A und 1B darge-

stellt ist. Allerdings ist in dieser Zeichnung die Haube 47 auf das von der Umfassungswandung 11 gebildete Gehäuse des Reaktors 10 aufgesetzt. In Figur 8 ist das zentrale Rohr 12 erkennbar, an welches die Trennwände 13, 14 und 15, hier die Trennwand 14, angeschweißt sind. Die andere Seite der Trennwände ist jeweils an der Umfassungswandung 11 angeschweißt. Bei dieser Darstellung ist erkennbar, daß die Trennwände im wesentlichen rechteckförmig ausgebildet sind, wobei an ihrer inneren oberen Ecke eine Ausnehmung 14' vorgesehen ist, die hier eine kreisbogenförmige Begrenzungslinie aufweist.

Gestrichelt ist hier der obere Rand R' des Gehäuses beziehungsweise der Umfassungswandung 11 eingezeichnet. Durch eine Schraffur ist die Schüttung 35 des Wärmetauscherbereichs 2 hervorgehoben.

Die Haube 47 ruht mit ihrem Flansch 45 auf dem an der Umfassungswandung 11 angebrachten Flansch 40 und ist auf geeignete Weise, beispielsweise durch Schrauben befestigt. Die Wandung der Haube weist eine feuerfeste Auskleidung 52 auf.

Die Innenabmessungen der Haube 47 sind so auf die Abmessungen der Trennwände beziehungsweise der Umfassungswand 11 abgestimmt, daß zwischen der radialen Außenkante 14'' der Trennwand 14 ein Spalt 51 und zwischen der Oberkante 14''' der Trennwand 14 und dem Deckel 50 der Haube 47 ein Spalt 53 verbleibt.

Der oberhalb der Schüttung 35 verbleibende Freiraum ist durch die Trennwände 13, 14 und 15 in drei Bereiche unterteilt, die aufgrund der Aussparungen 13', 14' und 15' miteinander in Verbindung stehen, wobei die Gasströme im Bereich der Ausnehmungen von einem Wärmetauscherbereich zum anderen übertreten können. Dabei tritt eine Verwirbelung der Gase ein, so daß dieser Übergangsbereich als Verwirbelungsbereich VW bezeichnet wird.

Bei dieser Darstellung ist die Dehnungsausgleichszone DA der Trennwand 14 lediglich angedeutet. Deren genauere Ausgestaltung wird anhand der Figuren 9 bis 12 näher erläutert.

Figur 9 zeigt eine beliebige in den genannten Figuren dargestellte Trennwand, die -von oben gesehen- eine Dehnungsausgleichszone DA aufweist, die hier U-förmig ausgebildet ist.

Gemäß Figur 10 ist ein Ausführungsbeispiel einer Trennwand dargestellt, die, von oben gesehen, beziehungsweise im Schnitt dargestellt, eine Dehnungsausgleichszone DA aufweist, die im wesentlichen S-förmig ausgebildet ist.

Gemäß Figur 11 erstreckt sich die Dehnungsausgleichszone einer der in den Figuren dargestellten Trennwände über deren gesamte Länge, wobei die Dehnungsausgleichszone mäanderförmig ausgebildet ist. Die Form der einzelnen Mäander ist

für die Funktion der Dehnungsausgleichszone von untergeordneter Bedeutung. So können die einzelnen Bögen der Mäander kreisbogenförmig ausgebildet sein oder eine beliebige Krümmung aufweisen. Auch können die einzelnen Mäander rechteckig, trapezförmig, oder dreieckförmig ausgebildet sein.

Eine weitere Variante der Ausbildung der Dehnungsausgleichszone ist in Figur 12 dargestellt. Hier ist die Trennwand mit mehreren Hinterschneidungsbereichen versehen.

Die in den Figuren 9 bis 12 dargestellte Dehnungsausgleichszone DA der Trennwände hat die Funktion, eine auf der Temperaturerhöhung beruhenden Ausdehnung der Trennwand abzufangen. Die Trennwände sind einerseits an der Umfangswandung und andererseits an dem zentralen Rohr innerhalb des Reaktors befestigt beziehungsweise -gemäß Figur 6- als durchgehende Trennwand ausgebildet. Auch bei der durchgehenden Trennwand dieses Ausführungsbeispiels tritt eine auf der Temperaturerhöhung beruhende Ausdehnung beziehungsweise Verlängerung der Trennwand ein, die durch die Dehnungsausgleichszone DA ausgeglichen wird.

Bei der U-förmigen Ausgestaltung der Dehnungsausgleichszone gemäß Figur 9 wird bei einer Erwärmung der Trennwände der U-förmige Bogen der Trennwand zusammengestaucht, also deren Breitenausdehnung abgefangen. Dasselbe gilt für die S-förmige Ausgestaltung der Dehnungsausgleichszone gemäß Figur 10 und insbesondere für die mäanderförmige Ausbildung der Dehnungsausgleichszone DA gemäß den Figuren 11 und 12. Die dort dargestellte Trennwand ist quasi als Wellblech ausgebildet, so daß hier auf Temperaturerhöhungen beruhende Ausdehnungen optimal abgefangen werden können.

Während bei herkömmlichen Reaktoren das Gehäuse im Bereich der Wärmetauscherbereiche höchster Temperatur besonders stark ausgedehnt wird, so daß die Umfangswandung quasi ausgebaut wird, bleibt die Außenform des Reaktors aufgrund der Dehnungsausgleichszonen DA, wie sie hier bei den erfindungsgemäßen Reaktoren vorgesehen sind, praktisch unverändert. Eine Formänderung des Gehäuses wird auch nach Abkühlung des Gehäuses meist nicht reversibel sein, da die Schüttung bei einer Aufweitung des Gehäuses und bei einer damit verbunden Volumenzunahme zusammensackt und den entstandenen Hohlraum ausfüllt. Bei der anschließenden Abkühlung des Gehäuses entstehen hohe Zugkräfte in den Trennwänden, die die Schweißnähte an der Umfangswandung und an der gemeinsamen Stelle beziehungsweise an dem zentralen Rohr 12 gefährden. Dieses Phänomen wird also durch die Dehnungsausgleichszonen vermieden, so daß hier eine ther-

mische Stabilisierung des Reaktors sichergestellt ist.

Figur 13 zeigt -stark vereinfacht- das zentrale Rohr 12 beispielsweise des in Figur 1B dargestellten Reaktors. Das Rohr ist hier doppelwandig ausgebildet, das heißt, im Inneren des Rohres 12 ist ein weiteres Rohr 12a angeordnet. Beide Rohre enden hier auf gleicher Höhe an der unteren Kante der Ausnehmungen 13', 14' und 15' der Trennwände 13, 14 und 15. In Figur 12 ist links die Trennwand 15 beispielhaft dargestellt.

Gemäß Figur 13 verläuft das Innenrohr 12a über einen Bereich konzentrisch zum äußeren Rohr 12. Beide Rohre durchstoßen den Rost 30, auf dem die Schüttung 35 der Wärmetauscherbereiche 1 bis 3 ruht. Sie verlaufen auch noch beim Durchtritt durch den Boden 17 des Gehäuses konzentrisch zueinander. Danach beschreibt das innere Rohr 12a einen Bogen und tritt durch die Wandung des äußeren Rohres 12.

Unterhalb der Austrittsstelle des inneren Rohrs 12a weist das äußere Rohr 12 ein Ventil beziehungsweise eine Klappe K1 auf. In dem aus dem äußeren Rohr 12 herausgetretenen Rohr 12a ist ebenfalls ein Ventil beziehungsweise eine Klappe K2 vorgesehen.

In das innere Rohr 12a wird, gesteuert von der Klappe K2, bei Bedarf Kaltluft eingeblasen, die durch in der Wandung des Rohres 12a vorgesehene Öffnungen, die hier durch kleine Pfeile angedeutet werden, austreten kann.

In Figur 14 sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen. Dort ist wiederum ein schematischer Schnitt durch den Reaktor 10 in Figur 1B dargestellt. Innerhalb des zentralen Rohres 12' verläuft wiederum ein inneres Rohr 12'a, welches in seiner Außenwand durch Pfeile angedeutete Öffnungen aufweist. Beide Rohre verlaufen konzentrisch durch den Rost 30 und den Boden 17 des Gehäuses des Reaktors 10. Danach ist das äußere Rohr 12' unter einem Bogen fortgesetzt zu einem rechtwinklig zum Rohr 12' angeordneten Anschluß, in dem eine Klappe K2 angeordnet ist. Das innere Rohr 12'a durchstößt die Wandung des Rohres 12' im Bereich des Bogens. Unterhalb dieser Durchbruchsstelle ist eine Klappe K1 in dem inneren Rohr 12'a angeordnet.

Durch das Rohr 12 (Figur 13) beziehungsweise 12' (Figur 14) kann bei Bedarf heißes Reingas aus dem Verwirbelungsbereich VW der Oxidationskammer abgesaugt werden. Heißes Reingas wird insbesondere dann abgezogen, wenn -beispielsweise bei einer hohen Lösungsmittelbelastung des Rohrgases- die Temperatur im Inneren des Reaktors zu hoch wird. Die Steuerung des abgezogenen Heißgases erfolgt über die Klappe K1 in den Figuren 12 und 13. Die Temperatur des abgezogenen Heißgases ist ganz besonders hoch, da das Gas

unmittelbar aus der Reaktionszone abgezogen wird. Die den Heißgasstrom steuernde Klappe K1 ist daher besonders wärmebelastet und muß aus hochwertigen Materialien bestehen.

Vorzugsweise wird daher das zentrale Rohr des Reaktors doppelwandig ausgeführt, das heißt, es wird im Inneren des Rohres 12 in Figur 13 ein zentrales Rohr 12a angeordnet, durch welches, gesteuert von der Klappe K2, Kaltluft eingeblasen werden kann. Diese strömt nicht nur durch die angedeuteten Öffnungen sondern auch oben aus dem zentralen Rohr 12a aus und wird mit dem Heißgas in den das innere Rohr 12a umgebenden Ringraum des Rohrs 12 gesaugt, sobald Heißgas nach Öffnen der Klappe K1 aus der Oxidationskammer gezogen wird. Durch die zugeleitete Kaltluft ergibt sich ein Gasgemisch, dessen Temperatur wesentlich, beispielsweise um 300° C herabgesetzt ist gegenüber dem in der Oxidationskammer vorhandenen Heißgas. Die den Heißgasstrom steuernde Klappe K1 kann daher weniger aufwendig gebaut sein und ist folglich preiswerter herstellbar. Insgesamt wird also die thermische Belastung dieses Bereichs des Reaktors reduziert.

Ähnliches gilt für Figur 14. Dort wird das Heißgas durch das zentrale Rohr 12'a abgezogen. Dieses heiße Gas wird durch die Klappe K1 gesteuert, die entsprechend temperaturresistent sein muß, wenn sie unmittelbar mit dem aus der Oxidationskammer stammenden Heiß- beziehungsweise Reingas beaufschlagt wird.

Dadurch, daß das Rohr, welches das Heißgas führt, also das zentrale Rohr 12'a, durch das äußere Rohr 12' umgeben ist, in welches Kaltluft über die Klappe K2 eingeführt wird, findet aufgrund der Mischung von Heißgas und Kaltluft eine Reduktion des auf die Klappe K1 auftreffenden Gases statt. Auch hier kann die Temperatur des Heißgases von beispielsweise 800° C auf beispielsweise 500° C und weniger reduziert werden. Dadurch kann also auch hier die thermische Belastung des Reaktors stark reduziert werden, also eine preiswertere Klappe eingesetzt werden.

Aus dem oben Gesagten wird deutlich, daß eine relativ einfache Möglichkeit der Temperaturbeeinflussung in der Oxidationskammer durch Abzug des Heißgases geschaffen wurde. Dabei ist es für das Verfahren letztlich belanglos, wie das Heißgas abgezogen wird. Insbesondere ist es möglich, auf das zentrale Rohr des Reaktors zu verzichten, wenn die einzelnen Trennwände so aneinanderggeführt werden, daß ein zentraler Freiraum verbleibt, durch den dann das Heißgas abgezogen werden kann. Auch ist die Art der Befestigung der Trennwände an einem zentralen Rohr für die Funktion der Temperatureinstellung belanglos. Es kann also eine beliebige Verbindung zwischen Rohr und Trennwänden vorgesehen werden, sofern eine aus-

reichende Temperaturbeständigkeit gewährleistet ist.

Insgesamt ist es möglich, die Wärmetauscher und die Oxidationskammer in einem runden zylindrischen Gehäuse unterzubringen, welches aufrecht angeordnet ist. Am oberen Ende dieses Gehäuses befindet sich die Oxidationskammer, in der Mitte die Wärmetauscher und unten die Anström- kammern für die Wärmetauscher. Der dabei entstehende Reaktor ist also sehr kompakt aufgebaut und läßt sich schnell und kostengünstig aufheizen. Andererseits werden die bei dieser räumlichen Gestaltung auftretenden thermischen Belastungen durch die hier beschriebenen Maßnahmen sehr weit reduziert, also durch die Dehnungsausgleichszonen der Trennwände, durch die Möglichkeit der Absaugung von Heißgas aus der Oxidationskammer und durch die Zumischung von Kaltluft.

Das zylindrische Gehäuse wird intern durch die Trennwände in Sektoren geteilt. Die Trennwände sind gasdicht und verhindern grundsätzlich einen direkten Gasübertritt zwischen den Wärmetauscherbereichen.

Das obere Ende des zylindrischen Gehäuses bildet das "heiße Ende", das heißt, die Oxidationskammer. Diese wird gegen die Atmosphäre durch die Haube 47 abgeschlossen, die mit dem zylindrischen Gehäuse verschraubt oder verschweißt werden kann. Es ist hier nur eine Haube erforderlich, welche über das Gehäuse gestülpt wird und dieses durch übergreifende Wandbereiche in seinen heißen Bereichen radial isoliert. Die Verbindungsstelle zwischen Haube und Gehäuse, beispielsweise der Flansch 40 beziehungsweise 45 in den Figuren 1A und 1B, kann so angeordnet werden, daß die Temperatur des Wandbereichs der Reaktors hier relativ niedrig ist. Das heißt, der Flansch wird etwa in die Mitte beziehungsweise etwas unterhalb der Mitte des Schüttungsbereichs 36 gelegt. Daher ist die Verbindungsstelle thermisch relativ wenig belastet und kann das Gewicht der Haube besser aufnehmen, da sie wegen der niedrigeren Temperatur eine höhere Festigkeit hat.

Die Wärmetauscher bestehen bei dem hier beschriebenen Reaktor aus keramischem Schüttgut 35, das auf einem Siebboden beziehungsweise einem Tragrost 30, 30' aufgeschüttet wird. Alternativ könnten auch Waben aus Metall verwendet werden.

Die Trennwände 13 bis 15 werden über die Oberkante der Wärmetauscherschüttung in die Haube 47 hineingezogen, um die für die vollständige Verbrennung der das Rohgas belastenden Stoffe erforderliche Verweildauer der heißen Gase in der Oxidationskammer 60 beziehungsweise 76 zu erreichen. Je höher die Zwischenwände im Bereich der Oxidationskammer, insbesondere im Bereich des tiefsten Punkts der Aussparungen 13', 14' und

15' ist, um so länger verweilt das Gas innerhalb der Oxidationskammer. Der Übertritt von dem Bereich eines Wärmetauschers in den anderen erfolgt über die Aussparungen beziehungsweise über den Verwirbelungsbereich VW. Durch die Aussparungen werden eine Einschnürung der Strömung, eine Geschwindigkeitserhöhung der Gasströmung und nachfolgend eine gute Durchmischung durch Turbulenz erreicht.

Der Brenner 56 in der Haube ist so angeordnet, daß die Rauchgaszumischung zum Heißgas in der Oxidationskammer gerade dort erfolgt, wo durch die Ausschnitte eine hohe Verwirbelung und gute Durchmischung mit dem Heißgas erfolgen. Durch die symmetrische Form können so beim Überströmen von jedem einzelnen Wärmetauscherbereich zum anderen gleiche Bedingungen der Überströmung und Zumischung von Brennerrauchgas erreicht werden, also auch bei der Oxidation des Rohgases.

Bei der Wahl eines zylindrischen Gehäuses ist eine besonders druckfeste Ausführung des Reaktors möglich, der somit höhere Innendruckwerte erträgt, als beispielsweise eckige Reaktoren.

Die Wärmeverluste des Reaktors sind gering, da die kreiszylindrische Bauform eine geringe Oberfläche im Vergleich zum Volumen hat. Vorzugsweise wählt man daher auch die Höhe des Reaktors etwa gleich seinem Durchmesser. Die Trennwände 13, 14, 15 und 74 brauchen nicht unbedingt isoliert zu werden, da die durch sie übertretende Wärme einen weiteren Wärmerückgewinn darstellt.

Die Umfangswandung 11, 11' muß nicht ausgemauert werden, da ihr Material im heißen Bereich keine tragende Funktion hat. Die Haube 47 kann innen feuerfest ausgebaut oder auch außen isoliert sein. Ihre rotationssymmetrische Form gemäß den hier dargestellten Figuren ist besonders kostengünstig herstellbar.

Die beim Anfahren aufzuwärmenden Massen sind gering, da die Massen an Stahl, Ausmauerung und Schüttgut klein sind und keine Totraumvolumina beziehungsweise Totraummassen vorhanden sind. Daher ist die Aufheizenergie gering und die Aufheizdauer kurz.

Die Haube 47 kann im Bereich der Aussparungen 13', 14' und 15' beziehungsweise im Verwirbelungsbereich VW auch eine nach oben gerichtete Höhlung aufweisen, die auch so groß gewählt werden kann, daß auf die Aussparungen in den Trennwänden verzichtet werden kann. Die Verwirbelung der überströmenden Gase findet dann, wenn die Aussparungen weggelassen sind, gänzlich in der Ausbauchung des Deckels der Haube statt. Das zentrale Rohr 12 mündet dann in diesem in der Haube gebildeten Verwirbelungsbereich.

Das untere Ende des zylindrischen Gehäuses

ist das "kalte Ende", das als Anströmungskammer für die Wärmetauscherbereiche ausgebildet sein kann (vergleiche 72 und 73 in Figur 4 und AK1 bis AK3 in Figur 1B). Es sind auch andere Anströmbe-

5

10

15

20

25

30

35

40

45

Zur Regelung des autothermen Betriebs, in dem in der Oxidationskammer bei der Reinigung der Gase Wärme entsteht, kann Heißgas über das Rohr 12 beziehungsweise den Anschluß 55 entnommen werden. Die Steuerung der Entnahme erfolgt durch eine Heißgasklappe 90 (Figur 1B und 2) beziehungsweise K1 (Figur 13 und 14), die bevorzugt im "kalten Bereich" angeordnet wird, oder in den Anschluß 55 eingebaut ist. Die Gase werden durch den Reaktor mittels eines Gebläses 64 hindurchgezogen oder mit Hilfe eines Gebläses 63 hindurchgedrückt. Im ersteren Fall mündet die Heißluftleitung 12, 55, 80 in die Reingasleitung am Ansaugstutzen des Gebläses 64, im letzteren Fall in dem wegzuleitenden Reingas, also in dem dem Kamin zugeführten Gasstrom.

Die gleiche Bauform des Reaktors kann für den Betrieb mit einem Katalysator verwendet werden. Dabei wird dann das Schüttgut 35 von oben her, teilweise oder vollständig, durch Katalysator-Schüttmaterial, oder durch einen Wabenkatalysator ersetzt. Der Reaktor arbeitet dann als katalytischer Verbrennungsreaktor und ist vielseitig einsetzbar. Die Oxidationszone wird ganz oder teilweise in den Wärmetauscherbereich verlagert. Da bei dem Katalysatorbetrieb die Betriebstemperatur niedriger ist, können entsprechende konstruktive Modifikationen vorgenommen werden, beispielsweise andere Werkstoffe verwendet werden, beziehungsweise die Wandstärken des Reaktors zum Teil reduziert werden.

Der hier beschriebene Reaktor ist sehr kompakt und kann daher als Ganzes transportiert werden. Dadurch verkürzt sich die Aufstellungszeit am Benutzungsort.

#### Patentansprüche

1. Regenerativ-Reaktor zum Verbrennen von industriellen Abgasen, insbesondere von schadstoffhaltiger Abluft, mit mehreren in einem eine Umfangswandung (11;11') aufweisenden Gehäuse untergebrachten Wärmetauscherbereichen (1,2,3;70,71), die durch Gasdichte an der Umfangswandung angebrachte Trennwände (13,14,15;74) voneinander getrennt jeweils zueinander benachbart angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Trennwände (13,14,15;74) zur Reduktion der auf die Um-

50

55

- fangswandung (11;11') wirkenden Kräfte mit mindestens einer Dehnungsausgleichszone (DA) versehen sind.
2. Reaktor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Dehnungsausgleichszone (DA) mindestens einen im Schnitt U-förmigen, S-förmigen oder mäanderförmig ausgebildeten Bereich aufweist und/oder mit Hinterschneidungen versehen ist.
  3. Reaktor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich die Dehnungsausgleichszone (DA) über die ganze Breite der Trennwand (1,2,3;74) erstreckt.
  4. Reaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Trennwände (1,2, 3; 74) gewellt ausgebildet sind.
  5. Reaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Trennwände (1,2,3;74) doppelwandig ausgebildet sind.
  6. Reaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gehäuse vieleckig oder zylindrisch ausgebildet ist, und daß die Trennwände (1,2,3), ausgehend von der Umfangswandung, alle im wesentlichen an einer Stelle (12) zusammentreffen.
  7. Reaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Trennwände (1,2,3) an einem gemeinsamen Rohr (12) angebracht sind, welches vorzugsweise in der Oxidationskammer (60) mündet und im Bereich eines Bodens (17) aus dem Gehäuse austritt.
  8. Reaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Rohr (12) doppelwandig ausgebildet ist.
  9. Reaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das doppelwandige Rohr ein inneres und ein äußeres Rohr (12a,12;12'a,12') aufweist, von denen eines dem Abzug von Gas aus der Oxidationskammer (60) und das andere der Zufuhr von Luft, vorzugsweise von Kaltluft, dient.
  10. Reaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß in dem den Abzug des Gases aus der Oxidationskammer dienenden Rohr (12;12') eine Klappe (K1) angeordnet ist, die mit einem Gemisch aus dem abgezogenen Gas und der zugeführten Luft beaufschlagbar ist.
  11. Reaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Trennwände (13,14,15;74) das Gehäuse im wesentlichen auf ganzer Länge durchlaufen, so daß auf der einen Seite der Wärmetauscherbereiche (1,2,3;70,71) getrennte Anströmkammern (AK1,AK2,AK3;72,73) gebildet werden und auf der anderen Seite jeweils einen Wärmetauscherbereichen zugeordnete Oxidationsbereiche (01,02,03) gebildet werden, die über einen allen Oxidationsbereichen gemeinsamen Verwirbelungsbereich (VW;75) verbunden sind.
  12. Reaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gehäuse eine die Oxidationskammer abschließende Abdeckung (47) aufweist, die die Umfangswandung (11) zumindest bereichsweise überdeckt und vorzugsweise auf ihrer Innenseite mit einem feuerfesten Überzug (52) versehen ist.
  13. Reaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß Anschlüsse für Rohgas (A1,A2,A3), Reingas (R1,R2,R3) und Spülgas (S1,S2,S3) in den Anströmkammern (AK1,AK2,AK3) münden und vorzugsweise in dem der Oxidationskammer gegenüberliegenden Ende des Gehäuses angeordnet und jeweils einem Wärmetauscherbereich (1,2,3;72,73) zugeordnet sind.
  14. Reaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein zumindest die Oxidationskammer (60;76) aufheizender Brenner (56; 56') vorgesehen ist.
  15. Reaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Wärmetauschermaterial (35) ganz oder teilweise durch Katalysatormaterial ersetzbar ist.
  16. Verfahren zum Verbrennen von industriellen Abgasen insbesondere von schadstoffhaltiger Abluft, insbesondere mit Hilfe eines Regenerativ-Reaktors nach einem der Ansprüche 1 bis 15, bei dem durch die Wärmetauscherbereiche im Wechsel Reingas, Rohgas und Spülgas geleitet werden, um einerseits die Wärme des Reingases in die Wärmetauscherbereiche überzuleiten, andererseits die Wärme aus dem Wärmetauscherbereichen in das Rohgas überzuführen und schließlich, um Rohgas aus dem Wärmetauscherbereichen auszu-

spülen, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Spülgas Frischluft verwendet wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß aus der Oxidationskammer Heißgas abgezogen wird und daß diesem dabei Frischluft, vorzugsweise Kaltluft zugeführt wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

12

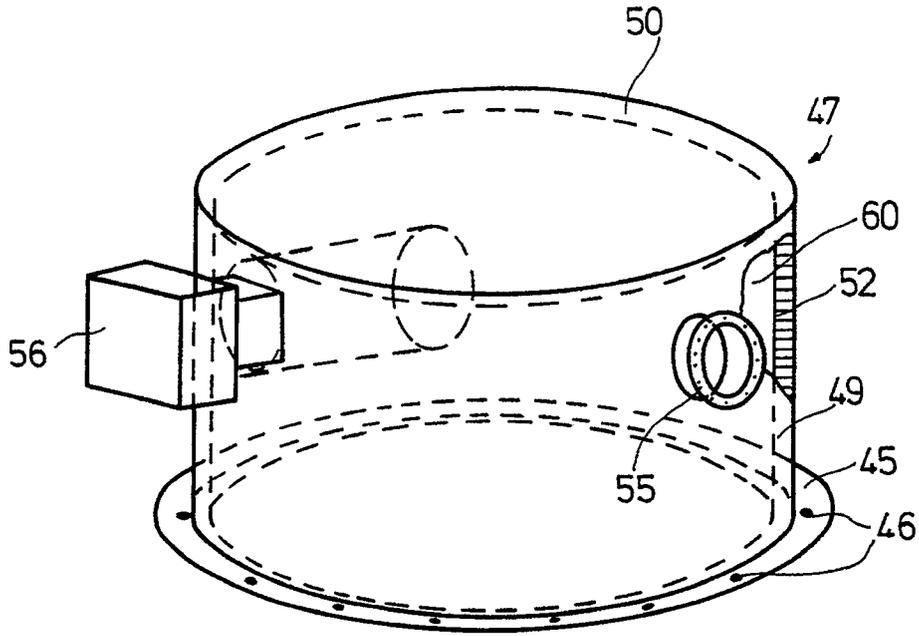


Fig. 1A

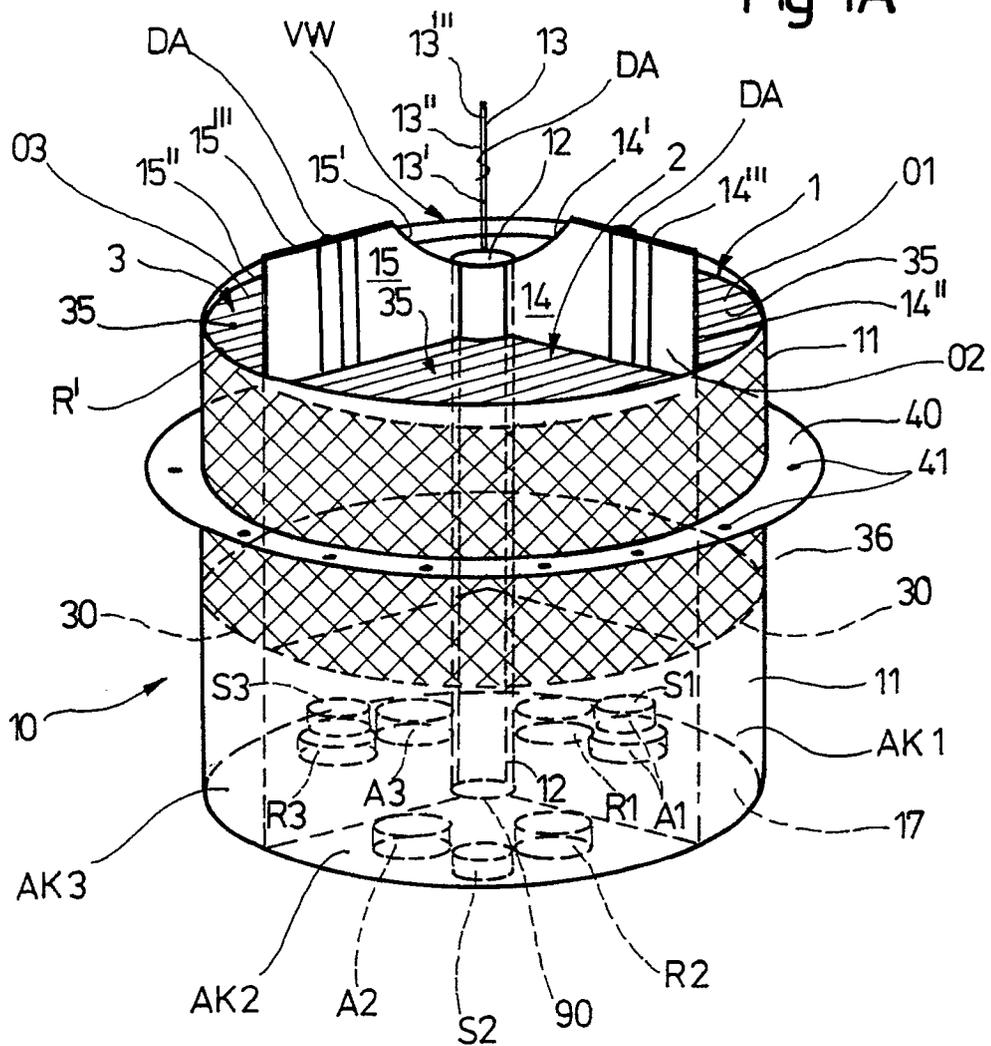


Fig. 1B

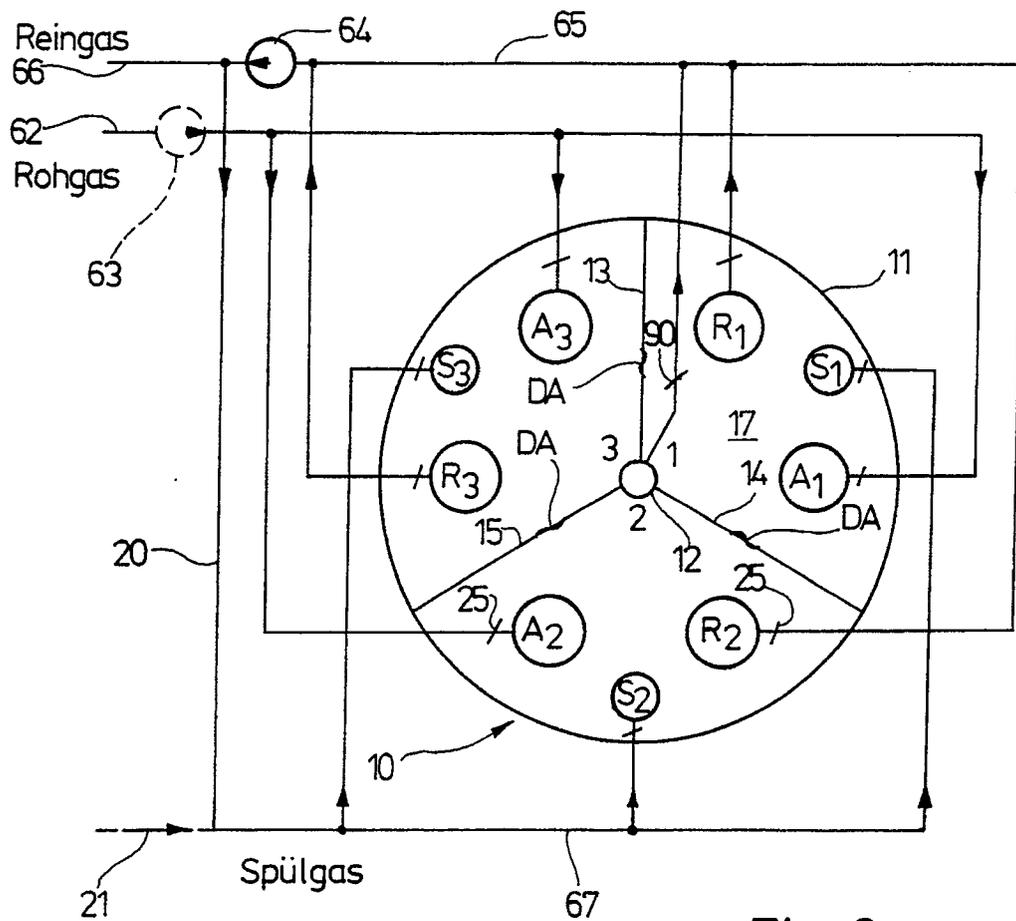


Fig. 2

<u>Version 1</u>	1	2	3
I) A1, R2, S3 offen	▼	▲	-
II) S1, A2, R3 offen	-	▲	▼
III) R1, S2, A3 offen	▲	-	▼

<u>Version 2</u>	1	2	3
Ib) A1, R2, R3 offen	▼	▲	▲
IIa) S1, A2, R3 offen	-	▼	▲
IIb) R1, A2, R3 offen	▲	▼	▲
IIIa) R1, S2, A3 offen	▲	-	▼
IIIb) R1, R2, A3 offen	▲	▲	▼
Ia) A1, R2, S3 offen	▼	▲	-

Fig. 3

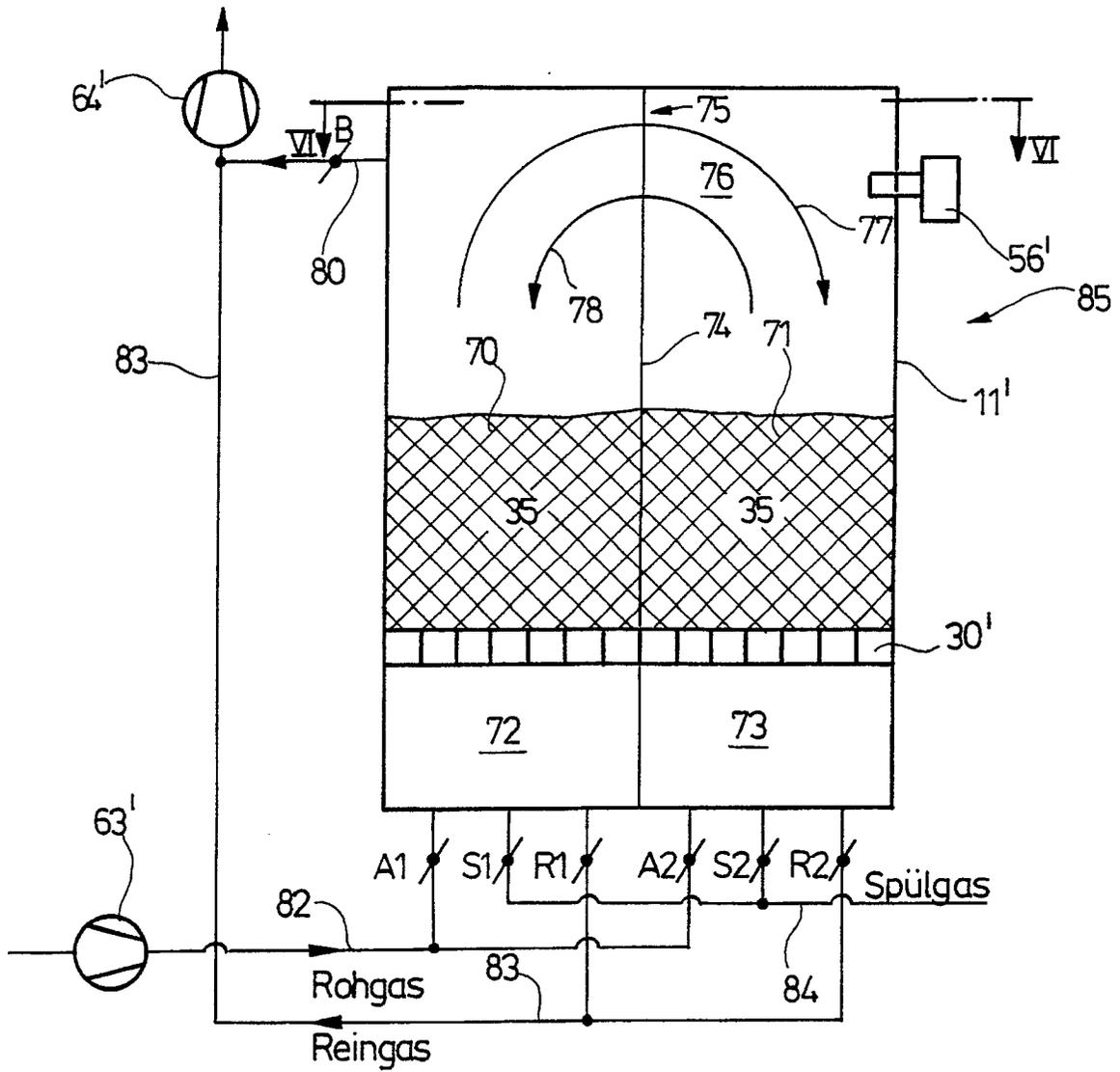


Fig. 4

- Ia) A1, R2      offen
- Ib) A2, B, S1    offen
- IIa) A2, R1      offen
- IIb) A1, B, S2    offen

Fig. 5

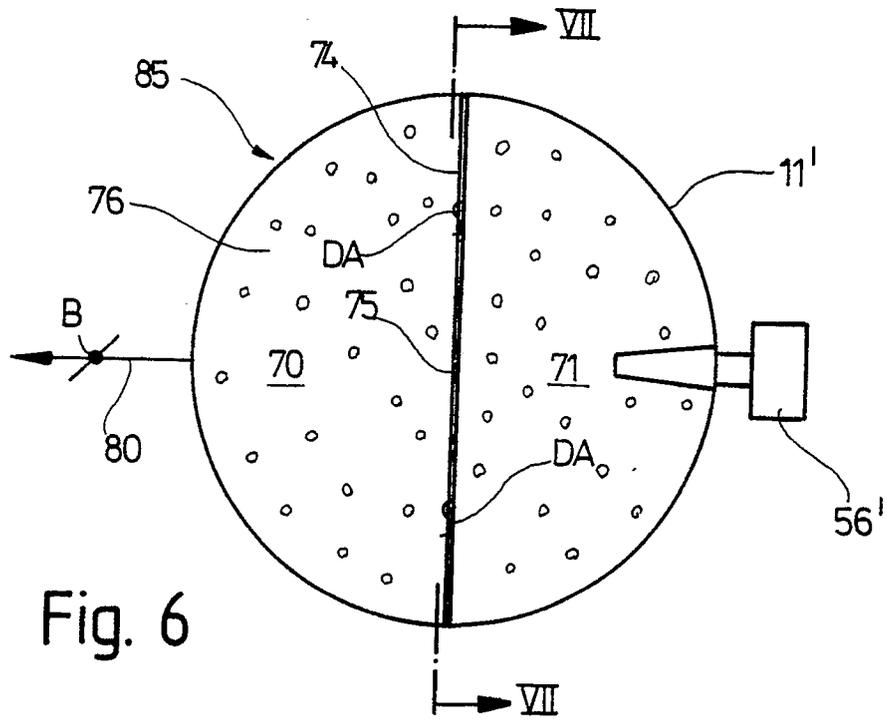


Fig. 6

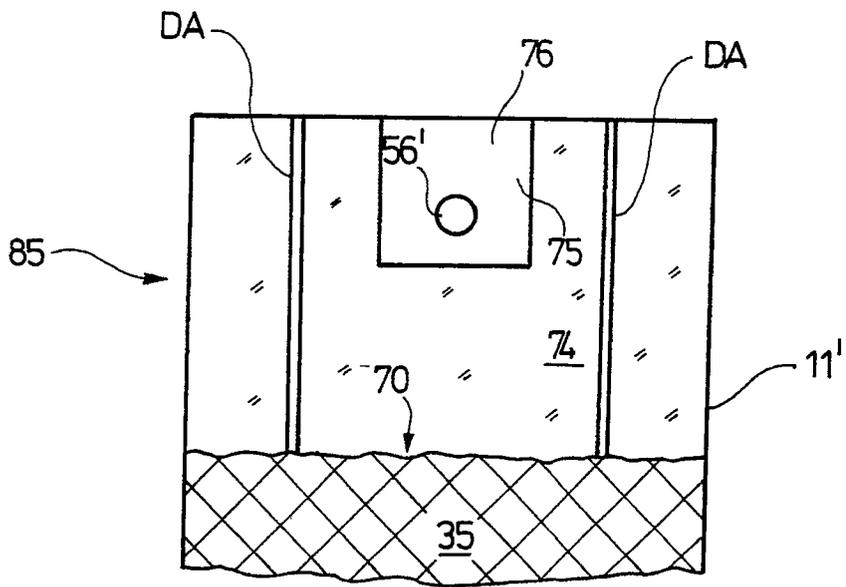
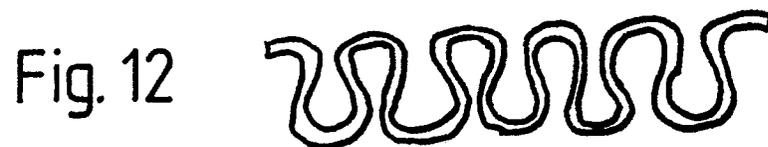
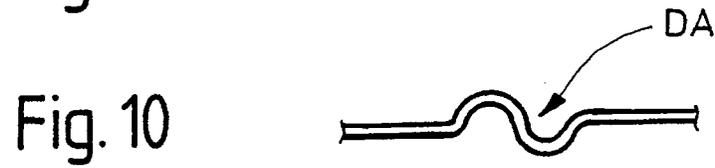
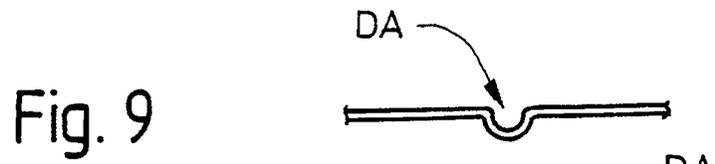
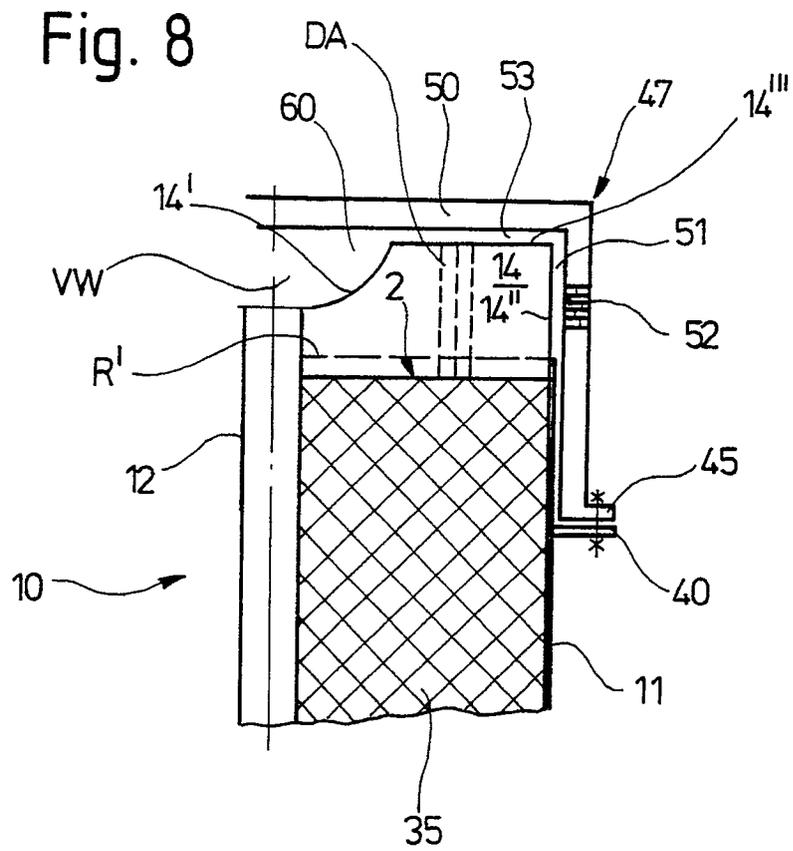


Fig. 7



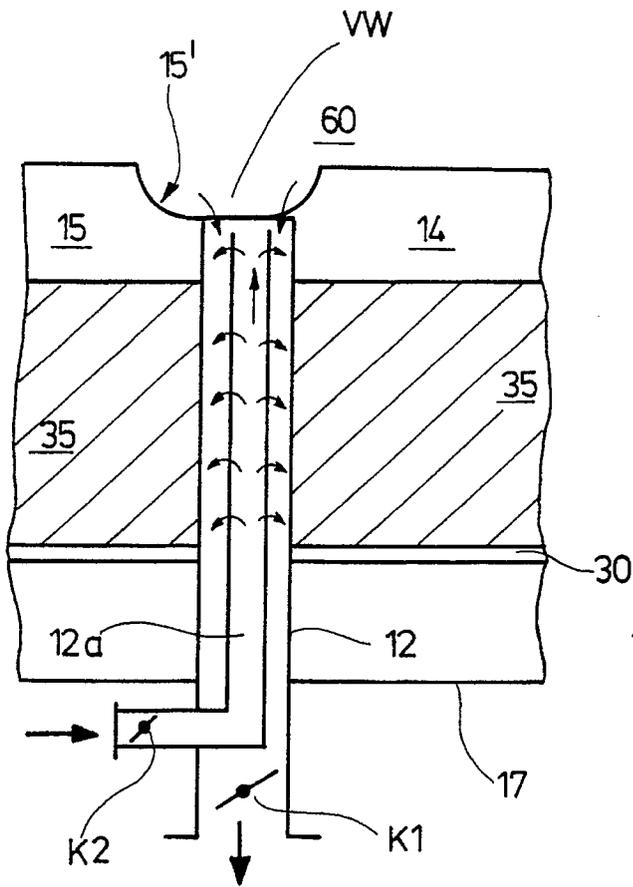


Fig. 13

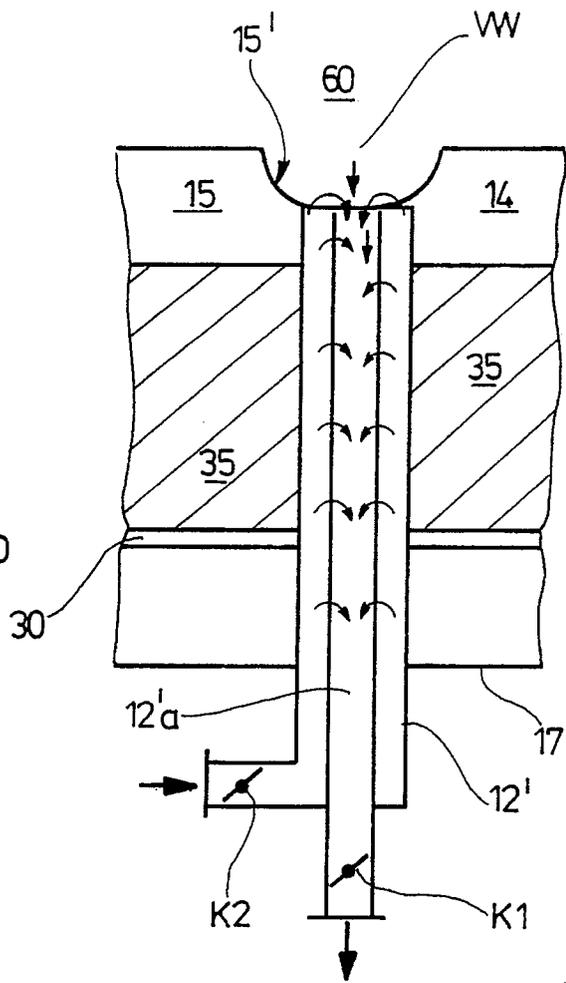


Fig. 14