

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 86106354.3

51 Int. Cl.4: **F23C 11/02**, **F22B 31/00**

22 Anmeldetag: 09.05.86

30 Priorität: **23.05.85 DE 3518628**
18.12.85 DE 3544887

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.12.86 Patentblatt 86/50

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

71 Anmelder: **KRAFTWERK UNION**
AKTIENGESELLSCHAFT
Wiesenstrasse 35
D-4330 Mülheim (Ruhr)(DE)

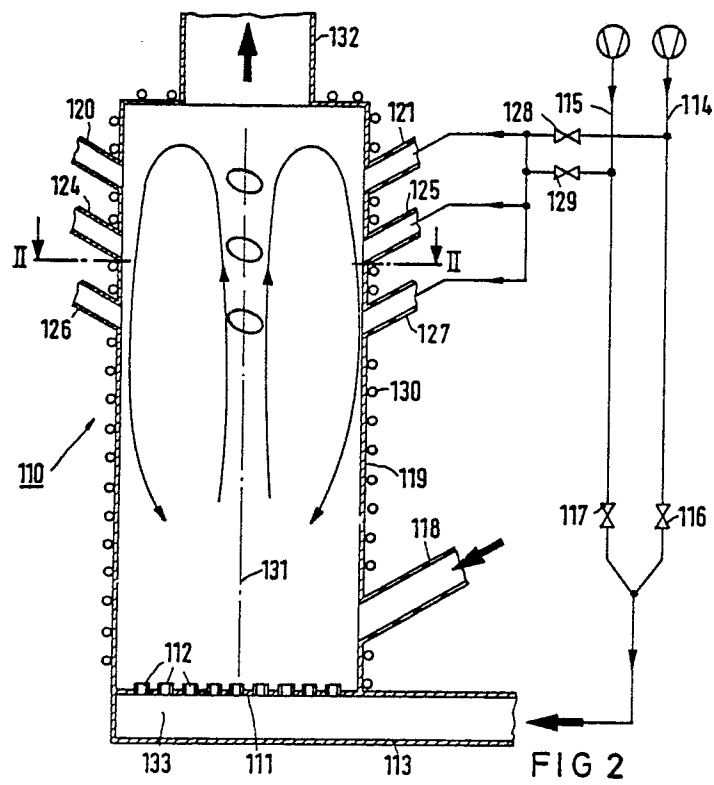
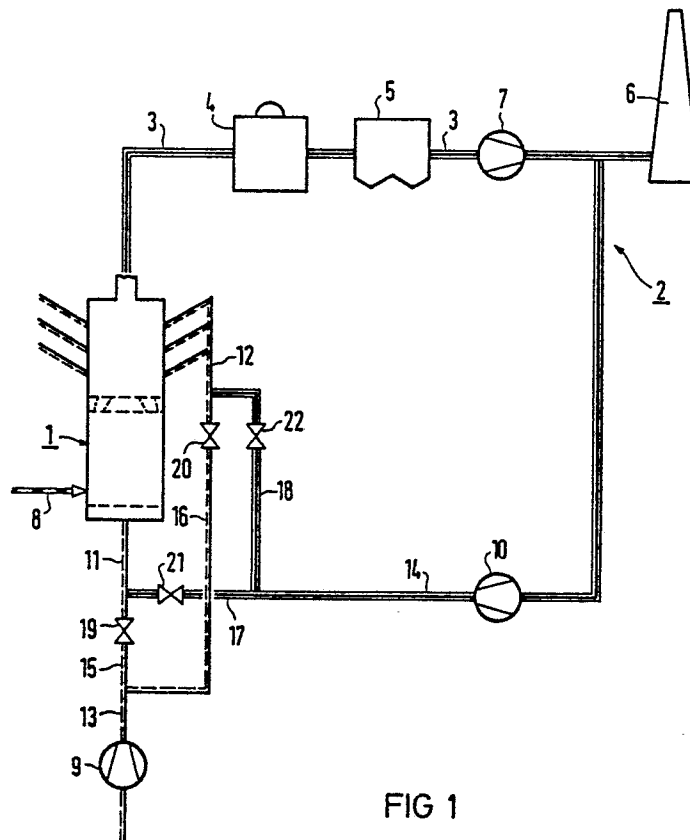
72 Erfinder: **Emsperger, Werner, Dipl.-Ing.**
Hirschensprung 13
D-8520 Erlangen(DE)
Erfinder: **Lösel, Georg**
Kirchenweg 3
D-8525 Uttenreuth(DE)
Erfinder: **Brückner, Hermann**
Boggasse 3
D-8525 Uttenreuth(DE)
Erfinder: **Pleper, Rudolf, Dipl.-Phys.**
Schenkstrasse 130
D-8520 Erlangen(DE)

74 Vertreter: **Mehl, Ernst, Dipl.-Ing. et al**
Postfach 22 01 76
D-8000 München 22(DE)

54 **Brennkammer für eine Wirbelschichtfeuerung.**

57 Die Erfindung bezieht sich auf eine Brennkammer (1, 54, 84, 110, 134) für eine Wirbelschichtfeuerung, mit einem Düsenboden (23, 55, 104, 111, 135) mit einer Brennstoffzuführung (8, 58, 102) unterhalb des Düsenbodens, mit einem Abgaskanal (3, 57, 84) am oberen Ende der Brennkammer, sowie mit Wärmetauscherheizflächen (53, 67, 95, 101). Bei einer solchen Brennkammer für eine Wirbelschichtfeuerung soll der Aufwand für die Zurückführung der von der Wirbelschicht mitgerissenen Partikel und der Temperierung der Wirbelschicht minimiert werden. Die Erfindung sieht hierzu vor, daß die Brennkammer zur Abtrennung und Rückführung unverbrannter Feststoffpartikel in den unteren Bereich der Wirbelschicht mit einem zylindrischen Innendurchmesser versehen ist und im oberen Bereich der Brennkammerwand (1, 54, 84, 119, 139) im wesentlichen tangential und zugleich

nach unten geneigte Sekundärluftdüsen (34 bis 43, 60, 86 bis 94, 120 bis 127, 140 bis 147) angebracht sind.



Brennkammer für eine Wirbelschichtfeuerung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Brennkammer mit einer Wirbelschichtfeuerung, mit einem Düsenboden, mit einer Brennstoffzuführung oberhalb des Düsenbodens, mit einer Primärluftzuführung unterhalb des Düsenbodens, mit einem Abgaskanal am oberen Ende der Brennkammer, sowie mit Wärmetauscherheizflächen.

Stationäre Wirbelschichtfeuerungen, bei denen die Luft-bzw. Gasgeschwindigkeit so gewählt wird, daß sich eine obere Grenze für die Wirbelschicht einstellt, und zirkulierende Wirbelschichtfeuerungen, bei der die Luft bzw. Gasgeschwindigkeit so groß gewählt wird, daß ein Großteil der Feststoffteilchen nach oben aus der Wirbelschicht ausgetragen, in Zyklonen abgeschieden und dann entweder direkt oder über einen Aschekühler in das Wirbelbett zurückgeführt werden, sind bekannt (VGB-Kraftwerkstechnik, Heft 8, Aug. 1963, Aufsatz: "Auslegung und Disposition des Heizkraftwerkes 1 der Stadtwerke Duisburg AG mit zirkulierender, atmosphärischer Wirbelschichtfeuerung" von W. Wein). Wirbelschichtfeuerungen haben allgemein den Vorteil, daß in ihnen auch Brennstoffe schlechterer Qualität, wie Abfallstoffe verbrannt werden können und daß man bereits bei der Verbrennung in der Wirbelschicht eine Entschwefelung der Rauchgase durch Zugabe von Kalk erzielen kann.

Außerdem entsteht bei Wirbelschichtfeuerungen aufgrund der im Vergleich zu Kohlestaubfeuerungen niedrigeren Verbrennungstemperatur weniger NO_x . Gegenüber der normalen stationären Wirbelschichtfeuerung hat aber die zirkulierende Wirbelschichtfeuerung noch den zusätzlichen Vorteil, daß durch den Feststoffumlauf eine höhere Verweilzeit der Brennstoffe und Zuschlagstoffe erreicht wird, was sich positiv auf den Ausbrand und die Entschwefelung auswirkt. Infolge einer vollständigeren Umsetzung kommt man so bei gleicher Entschwefelung mit einem geringeren Calcium zu Schwefelverhältnis aus. Dafür haftet der zirkulierenden Wirbelschichtfeuerung gegenüber der stationären Wirbelschichtfeuerung der Nachteil an, daß der apparative Aufwand viel größer ist. So sind zusätzlich mehrere Zyklonstufen zur Abtrennung der mit dem Abgas mitgeführten und wieder zurückzuführenden Feststoffpartikel und außerdem ein Aschekühler zur Temperaturhaltung in der Wirbelschicht erforderlich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den zu treibenden apparativen Aufwand gegenüber bekannten Anlagen zur zirkulierenden Wirbelschichtfeuerung zu vermindern. Dabei sollte diese Verminderung des apparativen Aufwandes nicht auf Kosten der SO_2 -Emission, der NO_x -Verminderung und des Ausbrandes erfolgen.

Die gestellte Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Weitere erfinderische Ausgestaltungen sind den Ansprüchen 2 bis 35 zu entnehmen.

Bei der vorliegenden Lösung wird erfindungsgemäß ein radiales Austragen der mitgerissenen Feststoffpartikel aus der aufsteigenden Wirbelschicht durch eine starke Drehströmungskomponente der Wirbelschicht um die Symmetrieachse der Brennkammer infolge eines einer Drehströmung wenig Widerstand bietenden zylindrischen Querschnitts der Brennkammer und der am Außenumfang der Brennkammer in die obere Hälfte der Brennkammerwand tangential mündenden Sekundärluftdüsen, welche zugleich eine abwärts gerichtete Mantelströmung erzeugen, bewirkt. Die ausgeschleuderten Feststoffpartikel werden längs der Innenwand der Brennkammer zurück in den unteren Bereich der Brennkammer transportiert. Dabei ist es ein besonderer Vorteil dieser Lösung, daß leichtere, weitgehend verbrannte Feststoffpartikel im Grenzbereich der abwärts gerichteten Mantelströmung und der aufsteigenden Wirbelschicht eher in die zentrale Wirbelschicht eingeleitet werden als schwere Feststoffpartikel, die bis zum Düsenboden zurückgeführt werden können.

Eine besonders vorteilhafte Konstruktion ergibt sich durch die zentrische Befestigung eines zylindrischen Körpers auf dem Düsenboden. Ein solcher, zentrisch zur Symmetrieachse der Brennkammer und der Wirbelschicht angeordneter zylindrischer Körper verhindert, daß die Partikel in dem unteren Bereich der Wirbelschicht radial bis ins Zentrum strömen können. Dies ist deshalb von Bedeutung, weil im Zentrum der Wirbelschicht längs der Symmetrieachse der Brennkammer eine nur geringe Fliehkraftkomponente wirksam ist und daher längs der Symmetrieachse der Brennkammer aufsteigende Partikel mit dem Abgas durch den Abgaskanal entweichen könnten. Diese Konstruktion ist zugleich auch die Voraussetzung für eine weitere Ausgestaltung der Erfindung.

Bei Verwendung eines zentral auf dem Düsenboden aufgesetzten zylindrischen Körpers kann dieser als Hohlkörper ausgebildet und an einem Luftzuführungskanal angeschlossen bzw. mit der Primärluft verbunden sein und an seinem obo-

ren Ende annähernd tangential zu seinem Umfang und schräg nach oben ausgerichtete Luftdüsen tragen. Hierdurch wird es möglich, im Zentrum der zirkulierenden Wirbelschicht nicht nur Frischluft, sondern zusätzliche Drehmomente oder Drehimpulse zu übertragen und dadurch die Abtrennung der unvollständig verbrannten Feststoffpartikel bzw. Zuschlagstoffe vom Abgas der Brennkammer zu verbessern.

Bei Verwendung einer Ringblende engt diese die Wirbelschicht im oberen Teil der Brennkammer ein, so daß diese Wirbelschicht von der Wand der Brennkammer getrennt wird und zwischen der Wand der Brennkammer und der eingegengten Wirbelschicht ein letztere umgebender ringförmiger Rückströmraum gebildet wird, über den mitgerissene Partikel wieder in den unteren Bereich der Wirbelschicht zurückgeführt werden können. Um diese Rückführung zu unterstützen und zugleich eine weitere Nachverbrennung zu ermöglichen, wird oberhalb der Ringblende Sekundärluft eingedüst. Dadurch, daß zwischen der Ringblende und der Kesselwand schlitzförmige Öffnungen vorgesehen sind, lassen sich die rückgeführten Teilchen bis in den unteren Bereich der Wirbelschicht transportieren.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ergibt sich, wenn die Sekundärluftdüsen ringförmig an der oberen Kalotte der Brennkammer angeordnet sind. Die Sekundärluft kann von dort unmittelbar an der Brennkammerwand entlang nach unten blasen. Die Brennkammerwand kann ohne nennenswerte Durchbrüche gefertigt werden. Die nach unten strömende, etwas kühlere Sekundärluft vermindert zugleich auch die thermische Belastung der Brennkammerwand. Dabei kann es zweckmäßig sein, die Sekundärluftdüsen am Boden einer den Abgaskanal ringförmig umschließenden, mit Sekundärluft gespeisten Kammer anzuordnen. Vorteilhaft ist es, über dem gesamten Boden dieser Kammer schräggestellte Leitdüsen anzuordnen, über die die Sekundärluft gleichmäßig und spiralförmig nach unten blasen kann.

Das auf die Wirbelschicht übertragbare Drehmoment läßt sich wirkungsvoll verstärken, wenn die Ringblende in vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung tangential in die innere lichte Öffnung der Ringblende mündende Sekundärluftdüsen trägt. Hierbei läßt sich zugleich auch die Ringblende über die Sekundärluft kühlen.

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden anhand zweier in den Figuren dargestellter Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schaltanordnung für den Stofftransport zu und von der erfindungsgemäßen Brennkammer mit Wirbelschichtfeuerung und interner Ascherückführung,

Fig. 2 einen Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Brennkammer,

Fig. 3 einen Schnitt längs der Linie II-II der Fig. 2,

Fig. 4 einen Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Brennkammer mit einem zylindrischen, auf dem Düsenboden aufgesetzten Körper

Fig. 5 einen Querschnitt durch die Linie IV-IV der Fig. 3

Fig. 6 einen Längsschnitt durch die Brennkammer der Fig. 1,

Fig. 7 einen Schnitt längs der Linie III-III der Fig. 6,

Fig. 8 einen Längsschnitt durch eine andere Brennkammer mit Wirbelschichtfeuerung und interner Ascherückführung, bei der die Lufteintrittsdüsen am Boden einer den Abgaskanal ringförmig umschließenden Kammer eingelassen sind,

Fig. 9 ein Schnitt längs der Linie V-V der Fig. 8,

Fig. 10 einen vergrößerten Ausschnitt aus der Außenwand des Heizkessels der Fig. 8 und

Fig. 11 einen Längsschnitt durch eine weitere Brennkammer mit Wirbelschichtfeuerung und interner Ascherückführung, bei dem Kühlflächen im Rückführungsweg der Asche angeordnet sind.

In der Fig. 1 ist die Anordnung der erfindungsgemäßen Brennkammer 1 mit Wirbelschichtfeuerung in einer Energieumwandlungsanlage 2 schematisch dargestellt. Man erkennt in dieser Darstellung, daß die Brennkammer 1 verlassenden heißen Abgase über einen Abgaskanal 3 zur Dampferzeugung in eine Wärmetauscheranlage 4 und anschließend zur Entstaubung in eine Filteranlage 5 geleitet werden. Zwischen der Filteranlage 5 und dem Kamin 6 der Brennkammer ist im Ausführungsbeispiel ein Saugzuggebläse 7 in den Abgaskanal 3 geschaltet.

Die Brennkammer 1 wird über einen Brennstoffzuführungskanal 8 mit Brennstoff, dem Kalk zugemischt wurde, versorgt. Außerdem wird über einen Luftverdichter 9 Frischluft über einen Rauchgasverdichter 10 abgekühltes Rauchgas, das im Ausführungsbeispiel dem zum Kamin führenden Abgaskanal 3 entnommen wird, zugeführt. Die verschiedenen Luftzuführungsleitungen 11, 12 sind sowohl mit der Frischluftleitung 13 als auch mit der Rauchgasleitung 14 verbunden. Zur unabhängigen Einstellung des Mischungsverhältnisses von Frischluft und Rauchgas in den beiden Luftzuführungsleitungen 11, 12, sind in den Abzweigen 15, 16 der Zuführungsleitung für die Frischluft und den Abzweigungen 17, 18 der Zuführungsleitung für das Rauchgas Drosselventile 19, 20, 21, 22 eingeschaltet.

In der Figur 2 ist eine in Längsrichtung geschnittene erfindungsgemäße Brennkammer 110 dargestellt. Die Brennkammer hat einen zylindrischen Querschnitt. Sie wird am unteren Ende von einem Düsenboden 111 abgeschlossen. Im Düsenboden sind in gleichbleibendem Abstand Luftdüsen 112 eingelassen. In den Raum unterhalb des Düsenbodens mündet eine Luftzuführungsleitung 113. Letztere ist sowohl an einer Frischluftleitung 114 als auch an einer Rauchgasleitung 115 angeschlossen. Über in beiden Leitungen eingebaute Verstelleinrichtungen 116, 117 kann ein bestimmtes Frischluft-Rauchgasgemisch eingestellt werden. Unmittelbar oberhalb des Düsenbodens 111 mündet ein Brennstoffzuführungs kanal 118 in der Brennkammerwand 119. Im oberen Drittel der Brennkammer münden in verschiedenen Ebenen am Umfang um 90° gegeneinander versetzt angeordnete Sekundärluftdüsen 120 bis 127 in der Brennkammerwand. Wie die Fig. 2 zeigt münden diese Sekundärluftdüsen tangential und leicht nach unten geneigt in der Brennkammer. Auch diese Sekundärluftdüsen 120 bis 127 sind, wie die Luftzuführungsleitung 113 zum Düsenboden 111 sowohl an der Frischluftleitung 114 als auch an der Rauchgasleitung 115 angeschlossen. Auch hier sind in den Anschlußleitungen Verstelleinrichtungen 128, 129 zur Einstellung des Frischluft-Rauchgasgemisches vorgesehen. An der Brennkammer sind Wärmetauscherrohre 130 angebracht, die an einem hier nicht weiter dargestellten Wasserdampfkreislauf angeschlossen sind.

Beim Betrieb der Brennkammer 110 wird über die an die Frischluft- und Rauchgasleitung angeschlossene Luftzuführungsleitung 113 ein Frischluft-Rauchgasgemisch als sogenannte Primärluft in den Raum 133 unter den Düsenboden 111 eingeblasen. Dieses Frischluft-Rauchgasgemisch läßt sich durch die in der Frischluftleitung 114 und Rauchgasleitung 115 eingesetzten Verstelleinrichtungen 116, 117 nach Bedarf einstellen. Diese durch die Luftzuführungsleitung 113 zu strömende Primärluft bläst durch die Luftdüsen 112 des Düsenbodens 111 nach oben in die Brennkammer und wirbelt dabei die über den Brennstoff- und Kalkzuführungs kanal 118 zugeführten Brennstoff- und Kalkteilchen auf. Durch die aufsteigende Primärluft werden diese Brennstoffteilchen nach oben mitgerissen, verwirbelt und bei der herrschenden Temperatur mit dem Sauerstoffteil der Primärluft teilverbrannt.

Durch eine Schrägstellung der Luftdüsen 112 im Düsenboden 111 kann der Wirbelschicht zusätzlich zu ihrer vertikalen Bewegung eine Drehbewegung um die Symmetrieachse 131 der Brennkammer aufgeprägt werden. Die aus den Sekundärluftdüsen schräg tangential nach unten blasende Sekundärluft sorgt für den Restausbrand

und befördert die radial nach außen getragenen Brennstoffteilchen längs der Außenwand der Brennkammer spiralförmig nach unten und läßt sie, vermischt mit den aus dem Brennstoffzuführungs kanal 118 frisch Zu strömenden Brennstoff- und Zuschlagstoffen oberhalb des Düsenbodens 111 in die Wirbelschicht zurückströmen. Zugleich überträgt dieser längs der Außenwand zirkulierende Sekundärluftschlauch einen Drehimpuls auf den oberen Teil der Wirbelschicht, der dort die Feststoffpartikel allmählich durch die Fliehkraft nach außen drückt. Diese gelangen schließlich in die Nähe der Brennkammerwand 119 und in den dort spiralförmig abwärts strömenden Sekundärluftstrom. Das entstehende, mit leichten Ascheteilchen beladene Rauchgas wird zentrisch aus der Brennkammer nach oben über den Abgaskanal 132 ausgetragen. Zur Sicherstellung, daß längs der Symmetrieachse 131 der Brennkammer, d.h. in Bereichen, in denen die Fliehkraft gering ist, unvollständig verbrannte Feststoffteilchen aufsteigen und mit in den Abgaskanal gerissen werden können, kann eine hier nicht weiter dargestellte Düse so ausgerichtet sein, daß ihr Luftstrahl durch die Symmetrieachse 131 der Brennkammer hindurchbläst. Dadurch werden die in diesem Bereich aufsteigenden Feststoffteilchen in den äußeren Bereich der Wirbelschicht befördert und damit voll von der Drehströmung erfaßt.

Die Fig. 4 zeigt eine andere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennkammer 134. Auch hier befindet sich ein Düsenboden 135 im unteren Bereich der Brennkammer und mündet in den Raum unterhalb des Düsenbodens 135 eine Luftzuführungsleitung 137. Oberhalb des Düsenbodens mündet ein Brennstoffzuführungs kanal 138 in der Wand 139 der Brennkammer 134. Im oberen Drittel der Brennkammer sind in verschiedenen Ebenen wiederum Sekundärluftdüsen 140 bis 147 angeordnet, die tangential zur Brennkammerwand 139 und leicht abwärts ausgerichtet sind. Zur Symmetrieachse 148 der Brennkammer 134 fluchtend, ist auf dem Düsenboden 135 ein bis nahezu in der Mitte der Brennkammer 134 aufragender hohlzylindrischer Körper 149 angebracht. Dieser hohlzylindrische Körper ist mit seinem Hohlraum an den Raum 136 unterhalb des Düsenbodens 135 und damit auch an die Luftzuführungsleitung 137 angeschlossen. Er ist an seinem oberen Ende geschlossen. Unmittelbar unterhalb seines oberen Endes sind jedoch an seinem Umfang Bohrungen 150 bis 155 eingelassen, die im wesentlichen tangential zur Außenwand 156 des hohlzylindrischen Körpers 149 und schräg nach oben ausgerichtet sind. Die Anordnung der Sekundärluftdüsen 140 bis 147 in der Brennkammerwand und der Bohrungen 150 bis 155 im hohlzylindrischen Körper ist auch aus der Fig. 4 zu entnehmen.

Die Brennkammerwand 139 trägt Wärmetauscherrohre 158, die Teil eines hier nicht weiter dargestellten Wasserdampfkreislaufes sind. Auch der hohlzylindrische Körper 149 kann in hier nicht weiter dargestellter Weise auf der Innenseite mit Wärmetauscherrohren versehen sein durch die er gekühlt wird und die an dem hier nicht weiter dargestellten Wasserdampfkreislauf angeschlossen sind.

Ähnlich wie beim Betrieb der Brennkammer 110 der Fig. 2 und 2 werden auch hier durch den Brennstoffzuführungskanal 158 zugeführte Brennstoffpartikel durch die aus den Luftdüsen 157 des Düsenbodens 135 ausblasende Primärluft hochgewirbelt und verbrennen teilweise bei den dort herrschenden Temperaturen mit dem Sauerstoff der Primärluft. Der Restausbrand erfolgt mit der Sekundärluft.

Im Bereich der Bohrungen 150 bis 155 am oberen Ende des hohlzylindrischen Körpers 149 wird im mittleren Wirbelschichtbereich nicht nur zusätzlich Primärluft zugeführt, sondern wird der Wirbelschicht durch deren Einstromrichtung zusätzlich auch noch ein Drehimpuls um die Symmetrieachse 148 der Brennkammer 134 übertragen.

Dieser Drehimpuls wird durch die tangential in die Brennkammer mündenden Sekundärluftdüsen 140 bis 147 und die durch sie einströmende Sekundärluft noch verstärkt. Durch diesen Drehimpuls um die Symmetrieachse der Brennkammer werden die schwereren, noch nicht vollständig verbrannten Partikel wie beim Ausführungsbeispiel der Fig. 1 und 2 allmählich nach außen und in den Bereich der dort spiralförmig abwärts strömenden Sekundärluft getrieben. Mit dieser werden sie zusammen mit dem über den Brennstoffzuführungskanal 138 zuströmenden Brennstoffpartikeln in den unteren Teil der Wirbelschicht zurücktransportiert. Der hohlzylindrische Körper 149 verhindert darüber hinaus auch, daß Brennstoffteilchen längs der Symmetrieachse der Brennkammer aufsteigen können und so nicht in die abwärts gerichtete Drehströmung gelangen. Die verstärkte Drehmomentimpulsübertragung auf die Wirbelschicht im oberen Bereich der Brennkammer 134 infolge der am oberen Ende des hohlzylindrischen Körpers 149 ausströmenden Primärluft führt auch infolge des Fehlens zentrisch zur Symmetrieachse aufsteigender Wirbelschichtbereiche zu einer verbesserten Abscheidung von unvollständig oder unverbrannten Brennstoffpartikeln aus den Verbrennungsgasen.

Die Fig. 6 zeigt einen Längsschnitt durch die vergrößert dargestellte Brennkammer 1 der Fig. 1. Die Brennkammer hat einen zylindrischen Querschnitt mit einem im unteren Bereich angeordneten Düsenboden 23. In diesen sind in einem gleichblei-

benden Abstand Luftdüsen 24 32 eingelassen. Unterhalb des Düsenbodens 23 mündet die Luftzuführungsleitung 11, die sowohl an die Frischluftleitung 13 als auch an die Rauchgasleitung 14 angeschlossen ist.

Die Brennkammer 1 wird von einer Blende 33 unterteilt. In der oberen Kalotte der Brennkammer ist der Abgaskanal 3 angeschlossen. Der Brennstoffzuführungskanal 8 ist unterhalb der Ringblende 33 und oberhalb des Düsenbodens 23 in der Außenwand der Brennkammer eingelassen. Oberhalb der Ringblende 33 sind im Ausführungsbeispiel in drei verschiedenen Ebenen jeweils vier um 90° gegeneinander versetzt angeordnete Sekundärluftdüsen 34 bis 43 in der Außenwand 42 der Brennkammer eingelassen. Wie die Schnittdarstellung der Fig. 7 zeigt, sind diese Sekundärluftdüsen 34 bis 43 tangential zur Außenwand 42 der Brennkammer 1 angeordnet. Darüber hinaus sind sie gegenüber der Horizontalen, wie die Fig. 6 deutlich macht, schräg gestellt, so daß die einströmende Sekundärluft einen Drall erhält und spiralförmig an der Außenwand der Brennkammer entlang nach unten strömt. Diese Sekundärluftdüsen sind, wie anhand der Fig. 1 gezeigt wird, sowohl an der Frischluftleitung 13 als auch an der Rauchgasleitung 14 angeschlossen. Im Bereich der Außenwand 44 der Brennkammer 1 besitzt die Ringblende schmale, um nahezu dem gesamten Umfang der Außenwandung der Brennkammer herumlaufende Schlitze 45, 46, 47, 48, die nur durch schmale Stege 49, 50, 51, 52 an denen die Ringblende gehalten ist, voneinander getrennt sind. Auf der Außenwand der Brennkammer sind Wärmetauscherrohre 53 aufgeschweißt, die an einem Wasser-Dampfkreislauf angeschlossen sind.

Beim Betrieb der Brennkammer strömt über die Frischluft- und Rauchgasleitungen 13, 14 und die in diesen Leitungen eingeschalteten Verdichter 9, 10 eine Frischluft-Rauchgasmischung, die sogenannte Primärluft, unter den Düsenboden 23 ein. Diese bläst aus den Luftdüsen 24 bis 32 des Düsenbodens 23 nach oben und wirbelt dabei die über den Brennstoffzuführungskanal 8 zugeführten Feststoffteilchen auf. Durch die aufsteigende Primärluft werden diese Feststoffteilchen nach oben mitgerissen, wobei der Brennstoff verbrennt. Im oberen Bereich der Wirbelschicht ist eine Ringblende 33 vorgesehen. Durch diese Ringblende wird zwischen der Wirbelschicht und der Außenwand 44 der Brennkammer 1 Raum für eine abwärtsgerichtete Rückströmung geschaffen. Diese Rückströmung wird durch das tangential Einblasen von Sekundärluft, über die Sekundärluftdüsen 34 bis 43 beschleunigt und in Rotation versetzt. Über diesen Sekundärluftmantel wird auch ein Drehimpuls auf die aufsteigende Wirbelschicht übertragen und diese in Rotation versetzt. So wer-

den die mitgerissenen Teilchen radial aus der aufsteigenden Wirbelschicht herausgeschleudert und längs der Außenwand der Brennkammer 1 durch den dort spiralförmig abwärtsdrehenden Sekundärluftmantel mitgenommen und nach unten gerissen. Dabei gelangen diese Teilchen über die Schlitz 45 bis 48 zwischen der Ringblende 33 und der Außenwand 44 der Brennkammer 1 bis in die unterhalb der Ringblende befindliche Wirbelschicht. Diese Partikel und Rauchgase geben Wärme an die von Wärmetauscherrohren 53 gekühlte Außenwand der Brennkammer 1 ab.

Die Sekundärluftdüsen 34 bis 33 werden über eine Abzweigung 16 der Frischluftleitung 13 und eine Abzweigung 18 der Rauchgasleitung mit einem hier als Sekundärluft bezeichnetes Gasgemisch versorgt, das über die in die Abzweigungen eingeschalteten Drosselventile 20, 22 eine voreinstellbare Sauerstoffmenge enthält. Durch diese abgestufte Sauerstoffzuführung läßt sich eine gestufte Verbrennung erzielen, die sich bei Vorhandensein von Brennstoffstickstoff vermindern auf die NO_x -Emission auswirkt. Außerdem wird durch die Rückführung der Feststoffteilchen deren Verweilzeit erhöht. Dadurch kann der mit dem Brennstoff zugeführte Kalk vollständiger mit dem Schwefel umgesetzt werden, was den Schwefeldioxydgehalt des Abgases und das erforderliche Ca/S-Verhältnis deutlich vermindert.

Die Fig. 8 und 9 zeigen einen Längs- und Querschnitt durch eine andere Brennkammer 54 mit Wirbelschichtfeuerung, die in einigen Punkten gegenüber dem Ausführungsbeispiel in den Fig. 1 und 6 weiterentwickelt wurde. Zwar ist auch hier am unteren Ende der Brennkammer 54 ein Düsenboden 55, im mittleren Bereich der Brennkammer eine Ringblende 56, am oberen Ende der Brennkammer ein konzentrischer Abgaskanal 57 und unmittelbar oberhalb des Düsenbodens 55 ein Brennstoffzuführungs kanal 58 vorgesehen. Die Sekundärluft wird aber abweichend vom Ausführungsbeispiel der Fig. 1 und 6 über eine am oberen Ende der Brennkammer 54 angeordnete, den Abgaskanal 57 ringförmig umschließende Ringkammer 59, die über schräggestellte Leitbleche 60 mit dem Innenraum der Brennkammer 54 kommuniziert, zugeführt. Die Ringblende 56 trägt bei diesem Ausführungsbeispiel einen Aufsatz 61 gleichen Innendurchmessers, in den tangential Dralldüsen 62, 63, 64, 65 eingelassen sind. Unterhalb der Ringblende 56 ist ein zylindrischer Mantel 66 in der Brennkammer befestigt, der bis fast zum Düsenboden 55 reicht und zwischen sich und der Außenwand 67 der Brennkammer 54 einen hinreichend breiten Ringspalt für die Weiterleitung der durch die Schlitz 68, 69 (nur zwei sichtbar) der Ringblende 56 zurückgeleiteten Partikel in den

unteren Bereich der Wirbelschicht beläßt. Dieser Mantel 66 ist im Bereich des Brennstoffzuführungs kanals 58 soweit ausgenommen, daß er die Brennstoffzuführung nicht behindert.

Im Düsenboden 55 sind alle Luftdüsen 70 bis 78 in Richtung des auf die Wirbelschicht zu übertragenden Drehimpulses symmetrisch zur Symmetrieachse 79 der Brennkammer 54 um den gleichen Winkel gegenüber der Vertikalen geneigt. Außerdem sind die im Randbereich des Düsenbodens angeordneten Luftdüsen 70, 71 - schräg nach innen gestellt. Zusätzlich sind unmittelbar unterhalb der Mündung des an der Ringblende angehängten Mantels 66 weitere im wesentlichen radial nach innen blasende Luftdüsen 80, 81 vorgesehen. Die Dralldüsen 62 bis 65 in der Ringblende 56 und die Luftdüsen 80, 81 in der Brennkammerwand unmittelbar oberhalb des Düsenbodens sind, wie die Fig. 1 zeigt, sowohl an die Frischluftleitung 13 als auch an die Rauchgasleitung 14 angeschlossen. Über die in die Fig. 1 gezeigten einzelnen Zweige 15 bis 18 der Sekundärluftleitungen eingesetzten, verstellbaren Drosselventile 19 bis 22 lassen sich die einzelnen Düsengruppen unterschiedlich beaufschlagen.

Die Fig. 9 zeigt, daß bereits die einzelnen Zweige 82 der Sekundärluftzuführungsleitung 12 tangential in die Ringkammer 59 münden. Hierdurch wird ein Drall erzeugt, der durch die am Boden der Ringkammer angeordneten - schräggestellten Leitbleche 60 nur etwas nach unten abgelenkt zu werden braucht. Auch zeigt die Fig. 9 deutlich die darunter liegende Öffnung der Ringblende 56 mit den auf der Ringblende aufgesetzten, ebenfalls tangential in die zentrale Öffnung der Ringblende einmündenden Dralldüsen 62 bis 65.

Die Fig. 6 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt der Außenwand 67 der Brennkammer 54 und des an der Ringblende 56 angehängten Mantel 66. Man erkennt hier die Ausbildung der Wände als gasdicht verschweißte Flossenrohrwand.

Beim Betrieb der Brennkammer 54 wird über den Frischluftverdichter 9 und den Verdichter 10 in der Rauchgasleitung 14 und die Drosselventile 19 bis 22 ein Luftgasgemisch einstellbaren Sauerstoffgehalts in der Luftzuführungsleitung 11 befördert. Dieses Luft-Gasgemisch tritt aus den Luftdüsen im Düsenboden 55 der Brennkammer und am unteren Ende der Außenwand aus und erzeugt in der Brennkammer eine nach oben gerichtete spiralförmige Strömung. Der über den Brennstoffzuführungs kanal 58 eingebrachte gemahlene und entsprechend seinem Schwefelgehalt mit Kalk versetzte Brennstoff wird durch diesen Luftstrom hochgerissen, fein verteilt und verbrennt in der Wirbelschicht. Diese Wirbelschicht wird durch die Ringblende 56 im oberen Teil der Brennkammer 54

auf einen kleineren Querschnitt eingeengt. Die von den schräggestellten Luftdüsen 70 bis 78 am Düsenboden 55 der Brennkammer 54 induzierte Drehbewegung der aufsteigenden Wirbelschicht um die Symmetrieachse 79 der Brennkammer wird oberhalb der Ringblende durch die aus den tangential angeordneten Dralldüsen 62 bis 65 ausströmende Sekundärluft noch verstärkt. Das führt dazu, daß die einzelnen feinen Teilchen aus dem aufsteigenden Wirbelschichtschlauch radial herausgeschleudert werden, in den Wandbereich der Brennkammer 54 gelangen und von der dort spiralförmig abwärts strömenden Sekundärluft mitgerissen werden. Von dieser werden sie durch die Schlitze 68, 69 zwischen der Außenwand 67 der Brennkammer 54 und der Ringblende 56 befördert und strömen zwischen Mantel 66 und Brennkammer-Außenwand 67 abwärts bis unmittelbar über den Boden der Brennkammer. Dort werden sie von dem den Luftdüsen 70 bis 78, 80, 81 entströmenden Gasluftgemisch erfaßt und wiederum nach oben geblasen. Das weitgehend von unverbrannten Teilchen befreite Rauchgas strömt dabei durch den Abgaskanal 57 in den nachgeschalteten Wärmetauscher 4.

Die Rohrwände der Brennkammer 54 wie auch des Mantels 66 können wie die Fig. 10 zeigt, als Flossenrohrwände ausgebildet sein und als Heizflächen verwendet werden. Es ist ein großer Vorteil dieser Konstruktion, daß die Außenwand 67 der Brennkammer 54 darüber hinaus auch noch von dem Mantel 66 und der an der Wand entlang abwärts strömenden kühleren Sekundärluft vor der unmittelbaren Einwirkung der Wirbelschicht geschützt wird. Ein weiterer Vorzug dieser Konstruktion ist es, daß man durch die Feststoffrückführung aus dem oberen Bereich der Brennkammer 54 in die unteren Bereiche der Wirbelschicht eine größere Verweilzeit der einzelnen Teilchen der Wirbelschicht erhält, wodurch der Ausbrand und die Schwefeleinbindung in den mit dem Brennstoff zugeführten Kalk verbessert wird. Auf diese Weise kommt man mit einer geringeren Kalkzugabe bei einem gegebenen Schwefelgehalt des Brennstoffs aus. Infolge der Zuführung von Sekundärluft mit einem geringeren Sauerstoffgehalt kann eine abgestufte Verbrennung d.h. eine Verbrennung mit zunächst reduzierender Atmosphäre verwirklicht werden und kommt damit zu einer geringeren NO_x -Emission. Auch wird durch diese Brennkammer die ansonsten bei der zirkulierenden Wirbelschichtfeuerung erforderlichen Zyklonstufen und Aschekühler vermieden, weil die Kühlung der Asche durch die Zumischung kälterer, rezirkulierten Rauchgase erreicht werden kann. Darüber hinaus wird durch die über die Dralldüsen erzeugte intensive Drehbeschleunigung der Wirbelschicht oberhalb der Ringblende ein guter Abscheidungsgrad

für Feststoffteilchen erreicht, so daß keine weiteren Zyklonstufen erforderlich sind. Auch die Wärmeabstrahlungsverluste werden im Vergleich zu einer Anlage mit zirkulierender Wirbelschichtfeuerung, zwei Zyklonstufen und einem Aschekühler und den sie miteinander verbindenden heißen Leitungen stark vermindert. Infolge der zylindrischen Form der Brennkammer kann diese auch für Betrieb mit aufgeladener Wirbelschicht ertüchtigt werden. Die Flossenrohrwände der Brennkammer lassen sich ohne weiteres in einen Wasserdampfkreislauf einbeziehen.

Die Fig. 11 zeigt eine weitere Ausführungsform einer Brennkammer 84 mit Wirbelschichtfeuerung. Bei dieser Brennkammer 84 ist der Abgaskanal 85 und sind die Sekundärluftdüsen 86 bis 94 genauso in der Außenwand 95 der Brennkammer eingelassen, wie anhand der Fig. 6 und 7 beschrieben wurde. Die Ringblende 96 ist jedoch als Ringkanal für die Sekundärluft ausgebildet und trägt an ihrem inneren Durchmesser tangential zum inneren Querschnitt ausgerichtete Dralldüsen 97, 98, 99 (nur drei dargestellt). Der unterhalb der Ringblende 97 angeordnete Mantel 100 ist im Vergleich zum Ausführungsbeispiel der Fig. 8 und 9 in seinem Durchmesser auf ein Maß verkleinert worden, das nahezu dem inneren Durchmesser der Ringblende 96 entspricht. In den Ringspalt 105 zwischen diesem Mantel 100 und der Außenwand 95 der Brennkammer 84 und der Ringblende 96 sind Wärmetauscherrohre 101 zur Aschekühlung eingesetzt. Der Brennstoffzuführungschanal 102 ist bis durch den Mantel hindurchgeführt. Der Rand 103 des Düsenbodens 104 ist gegenüber dem Ausführungsbeispiel der Fig. 6 bis 9 trichterförmig abgeschrägt.

Gegen die in den Ausführungsbeispielen der Fig. 6 bis 9 gezeigten Brennkammern 1, 54 bringt diese Ausführung der Brennkammer 84 den Vorteil, daß zur Temperaturhaltung in der Wirbelschicht weniger kaltes Rauchgas zurückgeführt werden muß, da Wärme an die zwischen Mantel 100 und Außenwand 95 angeordneten Wärmetauscherrohre 101 abgeführt wird.

Ansprüche

1. Brennkammer mit einer Wirbelschichtfeuerung mit einem Düsenboden, mit einer Brennstoffzuführung oberhalb des Düsenbodens, mit einer Primärluftzuführung unterhalb des Düsenbodens, mit einem Abgaskanal am oberen Ende der Brennkammer sowie mit Wärmetauscherheizflächen,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Brennkammer (1, 54, 84 110, 134) zur Abtrennung und Rückführung der unverbrannten Feststoffpartikel in den unteren Bereich der Wirbelschicht einen zylindrischen Querschnitt hat, senkrecht steht und im oberen Bereich der Brennkammerwand (44, 67, 95, 119, 139) im wesentlichen tangential und zugleich nach unten geneigte Sekundärluftdüsen (34 bis 43, 60, 86 bis 94, 120 bis 127, 140 bis 147) besitzt, wobei der Gas- und Partikelstrom im Zentrum der Brennkammer senkrecht aufsteigend und längs der Außenwand spiralförmig fallend ausgebildet ist und dem gesamten Gasstrom eine nach oben hin zunehmende Drehströmung um die Symmetrieachse der Brennkammer aufgeprägt ist.

2. Brennkammer nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet ,

daß ein zylindrischer Körper (149) zentrisch zur Symmetrieachse (148) der Brennkammer (134) auf dem Düsenboden (135) befestigt ist.

3. Brennkammer nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet ,

daß der zylindrische Körper (149) als Hohlkörper ausgebildet ist.

4. Brennkammer nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß der zylindrische Körper (149) zur Unterstützung der Drehströmung der Wirbelschicht um die Symmetrieachse (148) der Brennkammer (134) an einem Luftzuführungskanal (137) angeschlossen ist und an seinem oberen Ende annähernd tangential zu seinem Umfang ausgerichtete Luftdüsen - (150 bis 155) trägt.

5. Brennkammer nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Luftdüsen (150 bis 155) des zylindrischen Körpers (149) zugleich in Blasrichtung schräg nach oben gerichtet sind.

6. Brennkammer nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß der zylindrische Körper (149) eine Länge von zumindest einem Drittel der Höhe der Brennkammer (134) hat.

7. Brennkammer nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet ,

5 daß die Wandung (156) des zylindrischen Körpers (149) Wärmetauscherheizflächen trägt.

8. Brennkammer nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

10

daß der zylindrische Körper (149) an einem Primärluftkanal (137) angeschlossen ist.

9. Brennkammer nach Anspruch 1,

15

dadurch gekennzeichnet,

daß die Luftdüsen (24 bis 32, 70 bis 78, 112) im Düsenboden (23, 55, 104, 111) gegenüber der Symmetrieachse (79, 131) der Brennkammer (1, 54, 84 110) gleichsinnig zur tangentialen Einströmrichtung der Sekundärluftdüsen (34 bis 43, 86 bis 94, 120 bis 127) geneigt sind.

10. Brennkammer nach Anspruch 1,

25

dadurch gekennzeichnet,

daß zur Auslenkung der im Bereich der Symmetrieachse (131) der Brennkammer (110) aufsteigenden Brennstoffpartikel eine Luftdüse derart angeordnet und ausgerichtet ist, daß ihr Luftstrahl die Symmetrieachse der Brennkammer im mittleren Höhenbereich der Brennkammer durchquert.

11. Brennkammer nach Anspruch 1,

30

35

dadurch gekennzeichnet,

daß die Sekundärluftdüsen (34 bis 43, 60, 86 bis 94, 120 bis 127, 140 bis 147) sowohl am Abgaskanal (3, 57, 85, 132, 159) als auch an der Frischluftleitung (13, 114) angeschlossen sind und das Mischverhältnis von Frisch- und Abluft über in den Leitungen eingebaute Stellglieder (19, 29, 21, 22, 116, 117, 128, 129) bar ist.

12. Brennkammer nach Anspruch 1,

45

dadurch gekennzeichnet,

daß die Düsen (112, 157) des Düsenbodens (111, 135) an einer Frischluftleitung (114) angeschlossen sind.

50

13. Brennkammer nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

55

daß die Düsen (112, 157) des Düsenbodens sowohl am Abgaskanal (132, 159) als auch an der Frischluftleitung (114) angeschlossen sind und das

Mischverhältnis von Frisch- und Abluft über in den Leitungen eingebaute Stellglieder (116, 117, 128, 129) einstellbar ist.

14. Brennkammer nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß eine Ringblende (33, 56, 96) zwischen dem Düsenboden (23, 55) und dem Abgaskanal (3, 57, 85) eingesetzt ist, an der Brennkammerwand (44, 67, 95) Wärmetauscherheizflächen (53, 67, 101) und zwischen Ringblende und Abgaskanal Sekundärluftdüsen (34 bis 43, 60, 86 bis 94) zur Erzeugung eines längs der Brennkammerwand nach unten strömenden Sekundärluftschlauches und zwischen Ringblende und Brennkammerwand - schlitzförmige Öffnungen (45 bis 48, 68 bis 69, 105) zum Zwecke der internen Feststoffrückführung vorgesehen sind.

15. Brennkammer nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Sekundärluftdüsen (60) ringförmig an der oberen Kalotte der Brennkammer (54) angeordnet sind.

16. Brennkammer nach Anspruch 15,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Sekundärluftdüsen (60) am Boden einer den zentrisch in der oberen Kalotte angeordneten Abgaskanal (57) ringförmig umschließenden, mit Sekundärluft gespeisten Ringkammer (59) angeordnet sind.

17. Brennkammer nach Anspruch 14 oder 16,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Sekundärluftdüsen mit schräggestellten Leitblechen (60) bestückt sind.

18. Brennkammer nach Anspruch 14 oder 15,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Sekundärluftdüsen (34 bis 43, 86 bis 94) eine tangential zur Brennkammerwand (44, 90) und zugleich schräg nach unten geneigte Ausblasrichtung aufweisen.

19. Brennkammer nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Ringblende (56, 96) tangential in die innere lichte Blendenöffnung mündende Dralldüsen (62 bis 65, 97, 98, 99) trägt.

20. Brennkammer nach Anspruch 19,

dadurch gekennzeichnet,

5 daß die Ringblende (96) als ringförmige Kammer ausgebildet ist, die an mindestens eine Sekundärluftleitung angeschlossen ist und an ihrer inneren Wand tangential angeordnete Dralldüsen - (97, 98, 99) für die Sekundärluft trägt.

10 21. Brennkammer nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

15 daß den Sekundärluftdüsen (34 bis 43, 60, 86 bis 94, 120 bis 127, 140 bis 147) mindestens ein Gasverdichter (9, 10) vorgeschaltet ist.

22. Brennkammer nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

20 daß die Oberseite der Ringblende (33, 56) trichterförmig zu den schlitzförmigen Öffnungen (45 bis 48, 68, 69) hin geneigt ist.

23. Brennkammer nach Anspruch 14,

25

dadurch gekennzeichnet,

30 daß die trichterförmigen Öffnungen (45 bis 48, 68, 69) die gesamte Ringblende (33, 56, 96) mit Ausnahme schmaler Stege (49, 50, 51, 52) umschließen.

24. Brennkammer nach Anspruch 14,

35

dadurch gekennzeichnet,

40 daß unterhalb der Ringblende (56, 96) ein zylindrischer bis nahezu zum Düsenboden (55) reichender Mantel (66, 100) hängt, dessen Außendurchmesser etwas kleiner gehalten ist als ein durch die Innenwände der schlitzförmigen Öffnungen (68, 69, 105) bestimmter Durchmesser.

25. Brennkammer nach Anspruch 1,

45

dadurch gekennzeichnet,

50 daß die Brennkammerwand (119, 139) über angeschweißte Wärmetauscherrohre (130, 158) gekühlt wird.

26. Brennkammer nach Anspruch 14,

55

dadurch gekennzeichnet,

daß die Brennkammerwand (67, 95) als Flossenrohrwand ausgebildet ist.

55

27. Brennkammer nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß Heizflächen in den Raum oberhalb der Ringblende hineinragend angeordnet sind.

28. Brennkammer nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß Heizflächen in die Wirbelschicht unterhalb der Ringblende hineinragend angeordnet sind.

29. Brennkammer nach Anspruch 24,

dadurch gekennzeichnet,

daß in den Ringspalt zwischen Mantel (100) und Brennkammerwand (95) Wärmetauscherheizflächen (101) eingelassen sind.

30. Brennkammer nach Anspruch 24,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Mantel (66, 100) die Wirbelschicht als Teil der Ringblende (56, 96) auch im Bereich unter der Ringblende auf einen Querschnitt einengt, der kleiner ist als der Querschnitt der Brennkammerwand - (67, 95).

31. Brennkammer nach Anspruch 24,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Mantel (66) von Wärmetauscherrohren gekühlt wird.

32. Brennkammer nach Anspruch 24,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Brennstoffzuführung (102) durch die Brennkammerwand (95) und den Mantel (100) hindurchgeführt ist.

33. Brennkammer nach Anspruch 24,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Brennstoffzuführung durch den Brennkammerboden hindurch erfolgt.

34. Brennkammer nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß sie oberhalb der Ringblende (33, 56, 96) einen zylindrischen Querschnitt aufweist.

35. Brennkammer nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß sie unterhalb der Ringblende (33, 56, 96) einen vieleckigen Querschnitt aufweist.

35

40

45

50

55

10

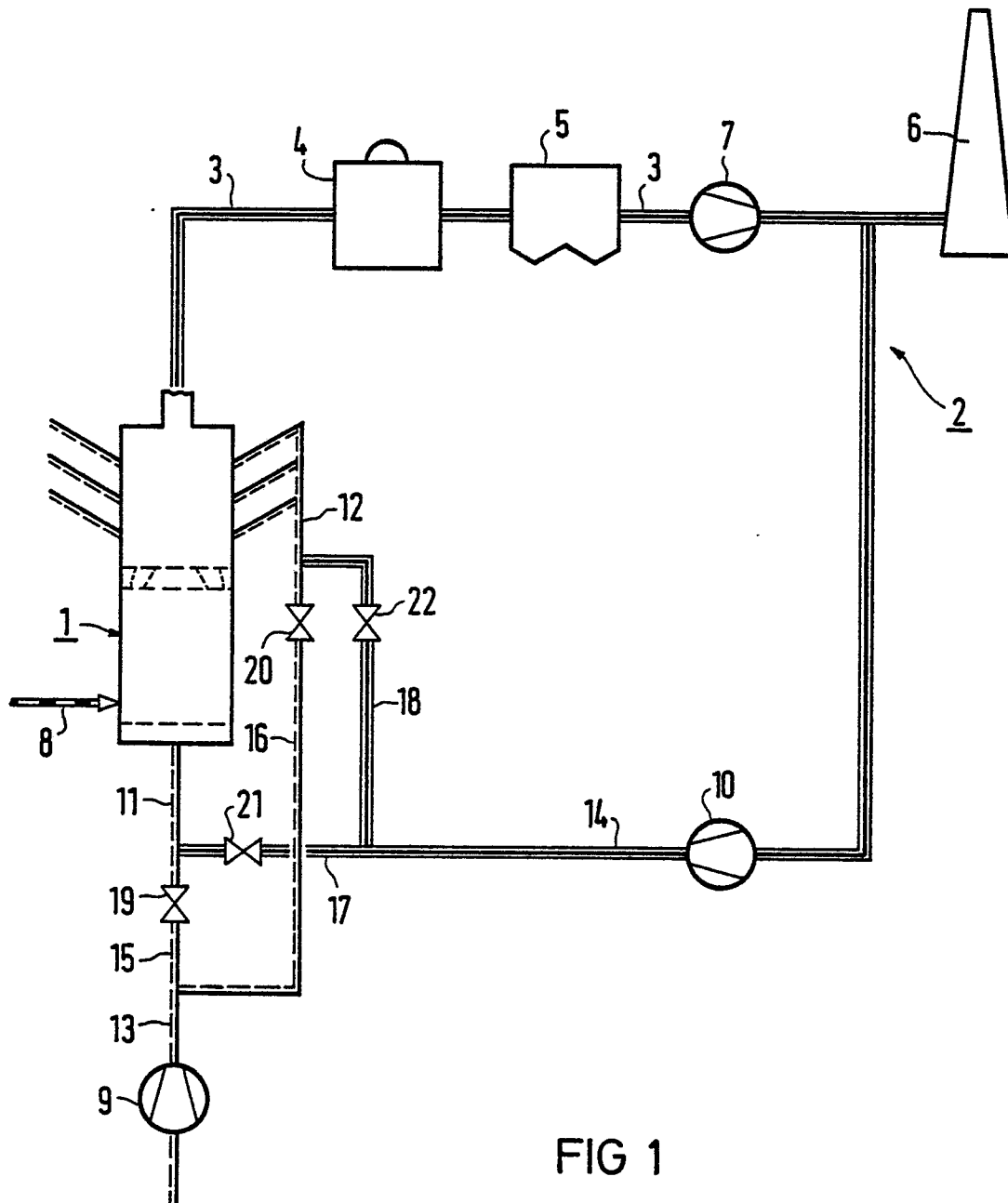
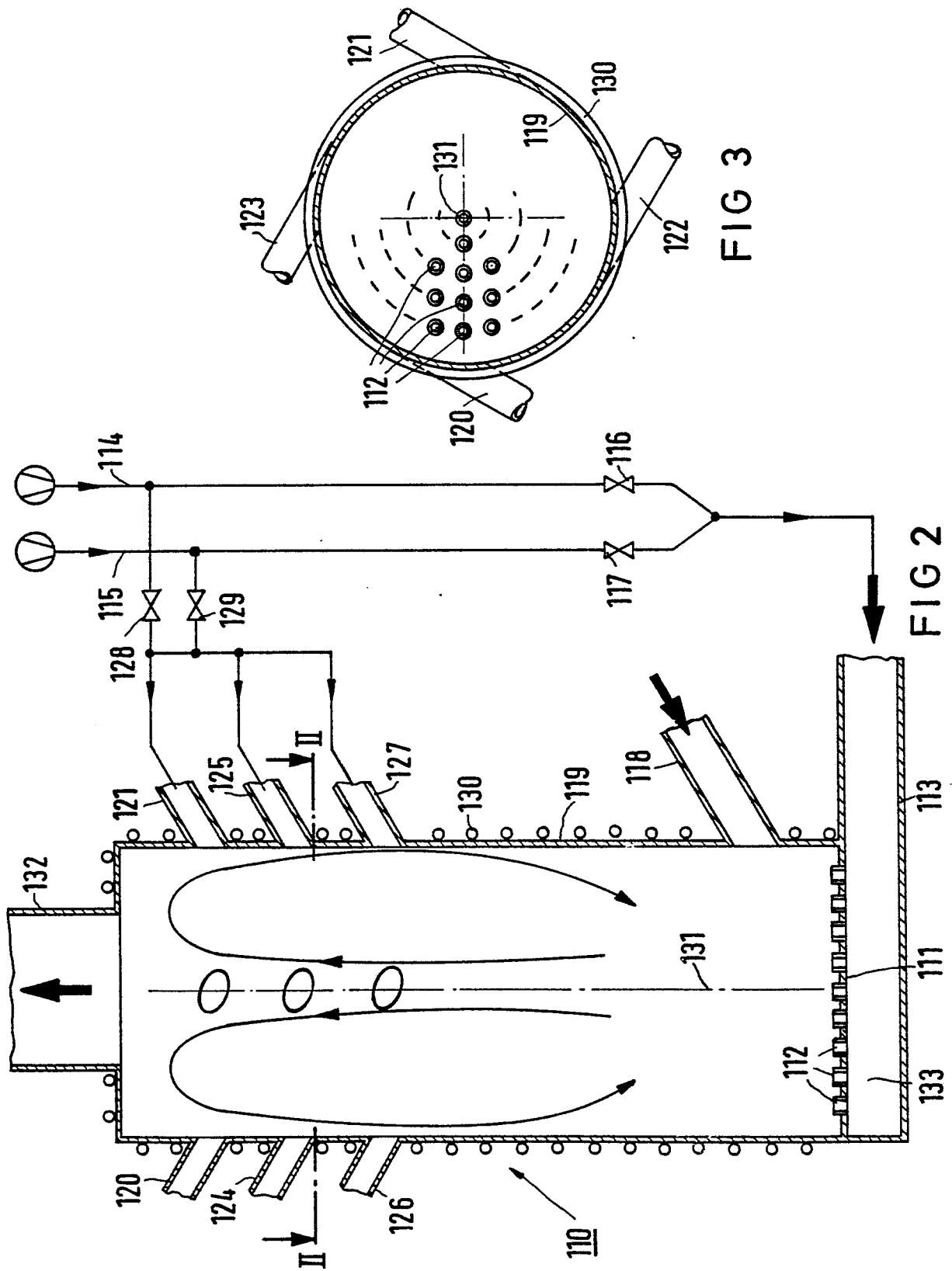


FIG 1



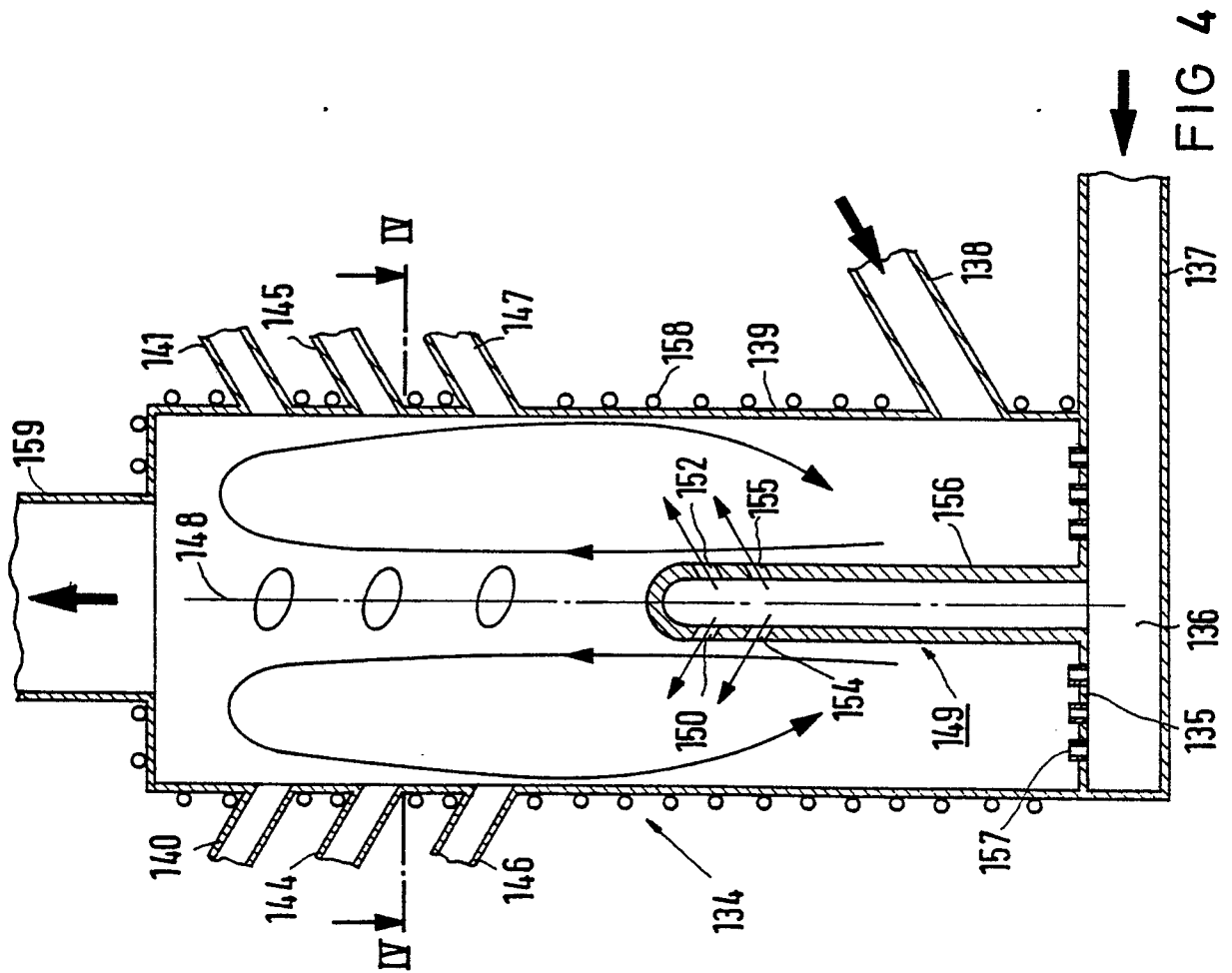


FIG 4

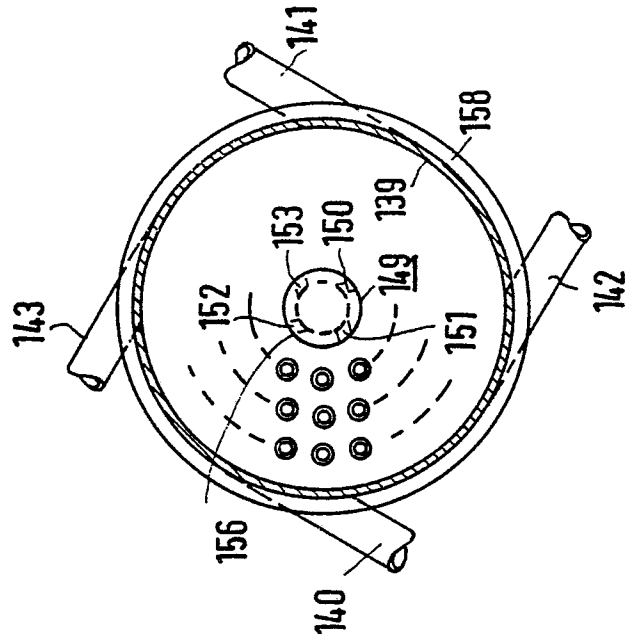


FIG 5

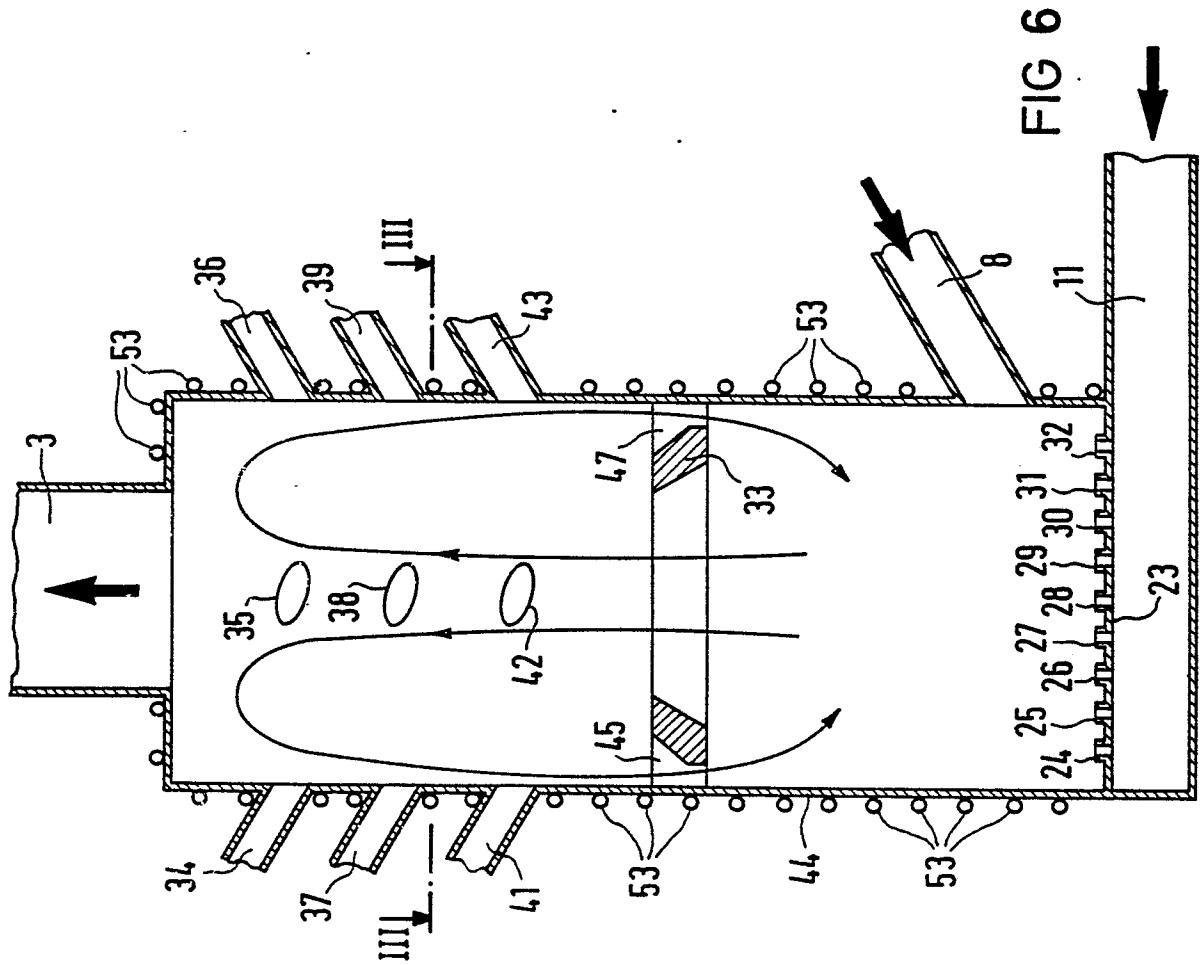


FIG 6

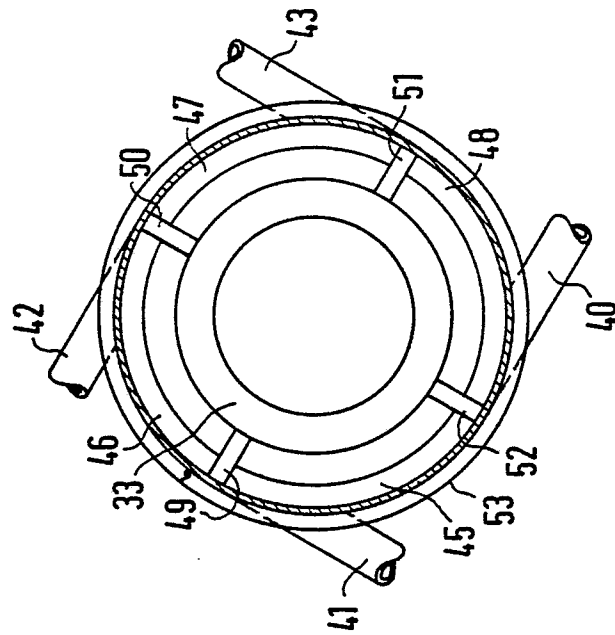


FIG 7

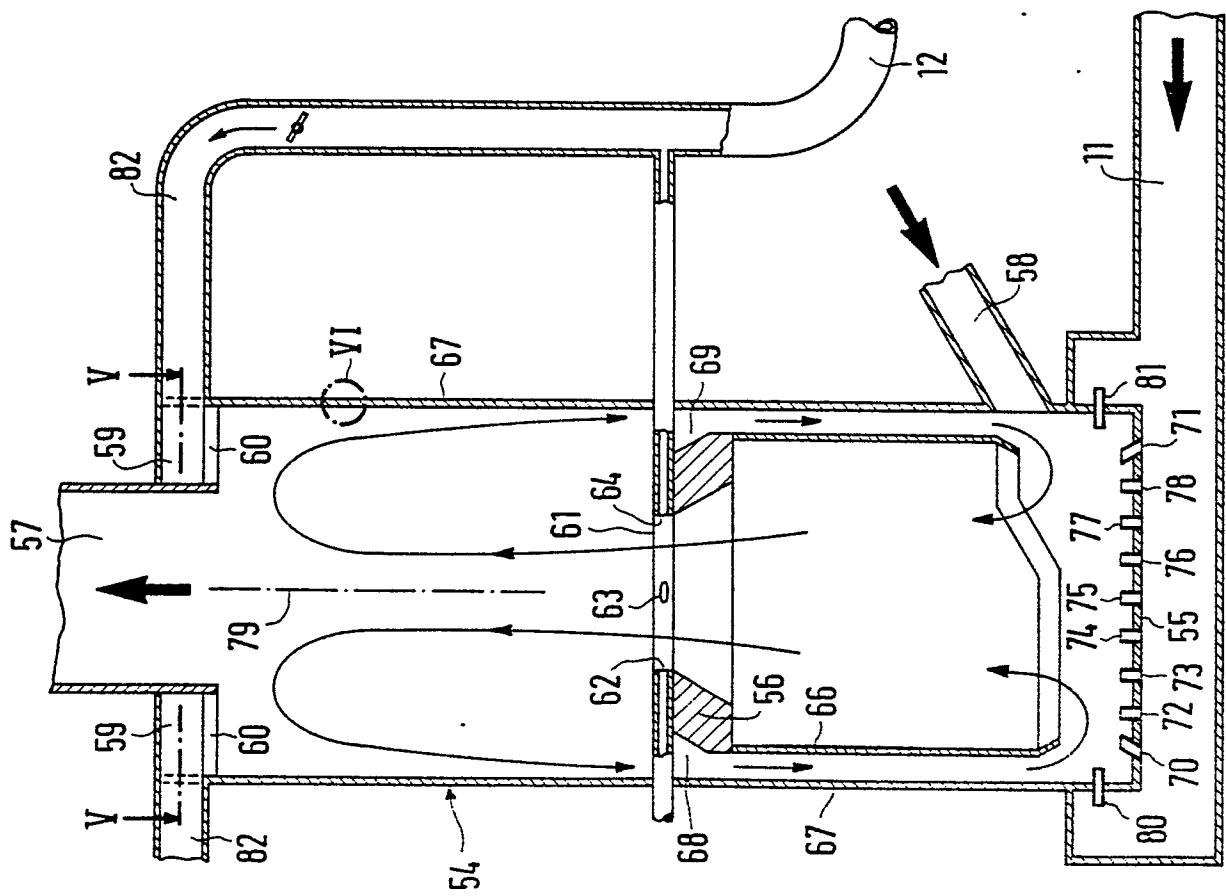


FIG 8

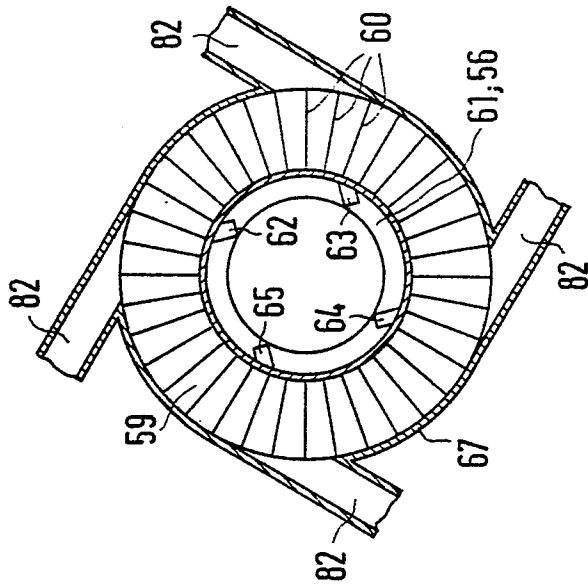


FIG 9

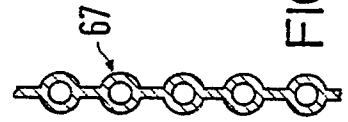


FIG 10

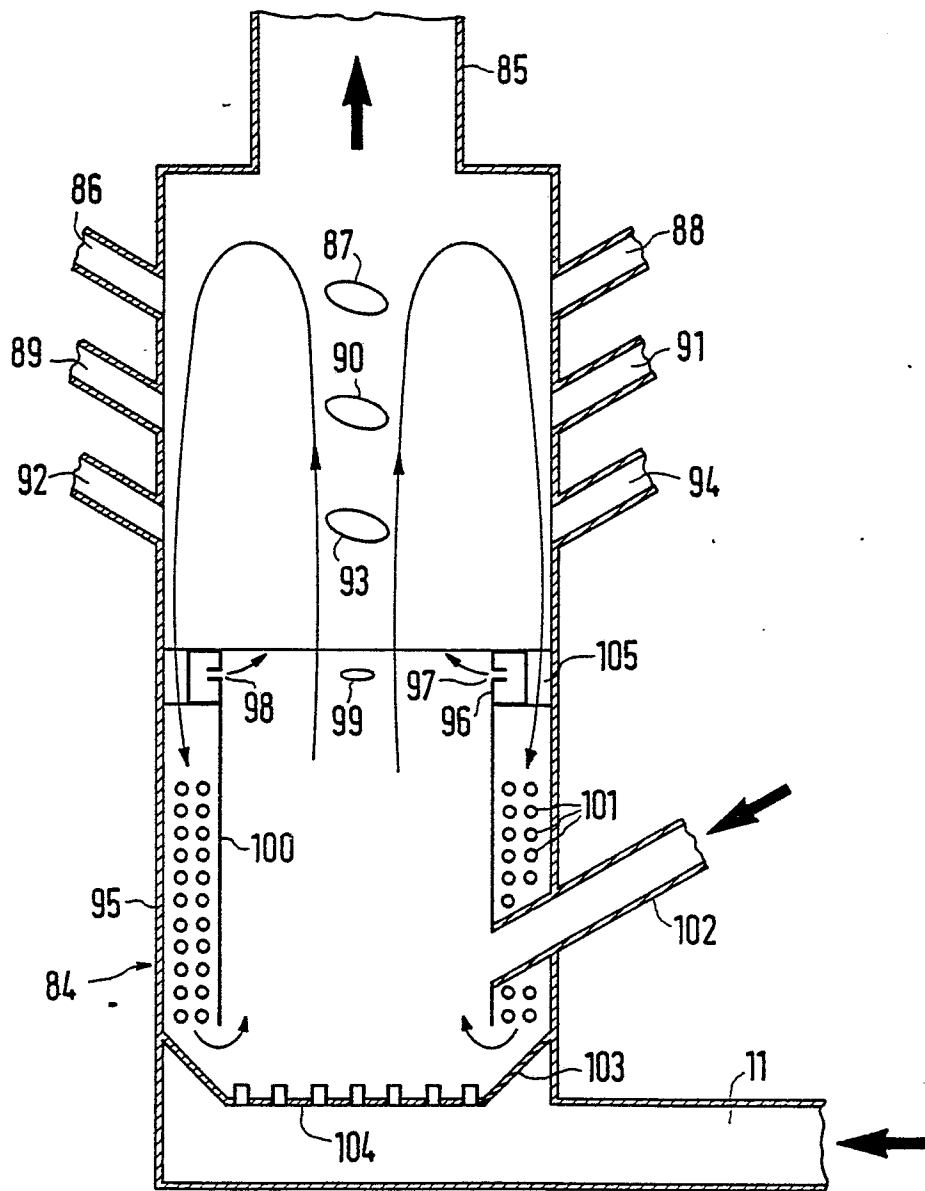


FIG 11