



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 289 804 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) F 23 C 11/04

DEUTSCHES PATENTAMT

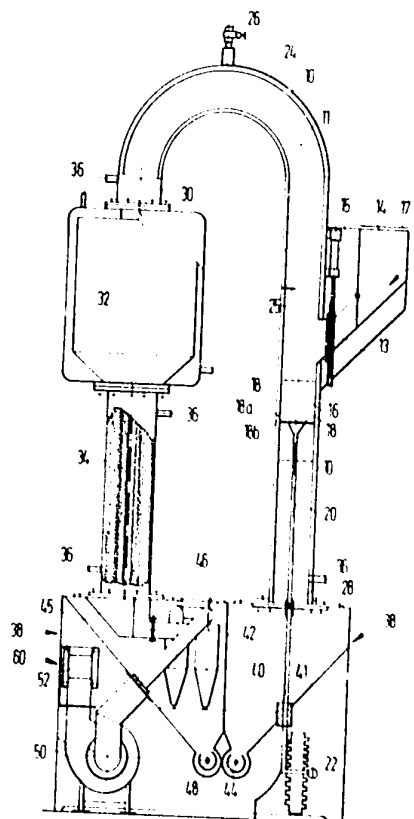
In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD F 23 C / 334 844 5	(22)	24. 11. 89	(44)	08. 05. 91
(31)	3839861.3	(32)	25. 11. 88	(33)	DE

(71) siehe (72)
(72) Pedersen, Rudi, CH
(73) siehe (72)
(74) vormals Patentanwaltsbüro Berlin, Frankfurter Allee 286, O - 1130 Berlin, DE

(54) Heizanlage

(55) Heizanlage; Pulsationsverbrennungsverfahren;
Pulsationsbrenner; Verbrennungsraum; schalldämpfender
Hohltopf; Pulsationsrohr; definierte Pulsationsrohr-
längen
(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine weiter verbesserte,
nach dem Pulsations-Verbrennungsverfahren arbeitende
Heizanlage zum Verbrennen von Kohlenstaub, Kohle, Gas
oder Öl. Die erfindungsgemäße Anlage weist einen
Brennraum 16 auf, in den der Brennstoff und ein
sauerstoffhaltiges Gas eingegeben werden. Die Heizanlage
arbeitet als sogenannter Pulsationsbrenner in einem Rohr
10. Der Abstand eines Verbrennungsraumes 16 bzw. eines
den Verbrennungsraum definierenden Rostes 28 vom
stromauf der Flamme gelegenen Rohrende 28 ist etwa
gleich der Hälfte des Abstandes vom stromab gelegenen
Rohrende 30. Das stromab gelegene Rohrende 30 mündet
in einen schalldämpfenden Hohltopf 32. Figur



Patentansprüche:

1. Heizanlage zum Verbrennen von Brennstoff, wie Kohlestaub, Kohle, Gas oder Öl, **gekennzeichnet durch ein Rohr (10), zwischen dessen Enden (28, 30) ein Druckgradient erzeugt wird und in dem ein Brennraum (16) derart angeordnet ist, daß sein Abstand vom stromauf gelegenen Rohrende (28) zumindest annähernd gleich der Hälfte seines Abstandes vom stromab gelegenen Rohrende (30) ist, welches in einen Hohltopf (32) mündet, dessen Durchmesser größer ist als der des Rohres.**
2. Heizanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Hohltopf (32) ein erster Wärmetauscher (34) nachgeschaltet ist.
3. Heizanlage nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Rohr (10) ein sogenanntes Viertel-Wellenlängen-Rohr ist.
4. Heizanlage nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Druckgradient permanent in dem Rohr (10) mittels eines außerhalb des stromauf gelegenen Rohrendes (28) angeordneten Gebläses (40) erzeugt wird, das einen Überdruck an diesem Rohrende von 0,5 bis 40 bar bewirkt.
5. Heizanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Position des Brennraumes (16) im Rohr (10) einstellbar ist.
6. Heizanlage nach Anspruch 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß stromab des ersten Wärmetauschers (34), welcher dem Hohltopf (32) nachgeschaltet ist, eine Sprudleinrichtung (60) als zweiter Wärmetauscher nachgeschaltet ist.
7. Heizanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Rohr (10) stromab des Brennraumes etwa U-förmig gekrümmt ist, wobei das gekrümmte Rohrstück (24) etwa so lang ist wie die Hälfte bis ein Drittel der Gesamtlänge des Rohres.
8. Heizanlage nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Rohr (10) und der Hohltopf (32) sowie der erste Wärmetauscher (34) insgesamt etwa die Form eines umgekehrten U aufweisen und mit den beiden Schenkelenden auf einem Hohlkörper (38) befestigt sind.
9. Heizanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Brennraum (16) durch einen Rost (18) bestimmt wird, dessen Stellung im Rohr (10) einstellbar ist.
10. Heizanlage nach Anspruch 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Brennraum (16) als Fluidbett ausgebildet ist.
11. Heizanlage nach Anspruch 4 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß mittels des Gebläses (40) Sauerstoff in den Brennraum (16) eingeführt wird.
12. Heizanlage nach Anspruch 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß oberhalb des Brennraumes (16) ein Sauerstoffsensor angeordnet ist und daß entsprechend der mit diesem gemessenen Sauerstoffkonzentration das Gebläse (40) gesteuert wird.
13. Heizanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Abstand des Brennraumes (16) vom stromauf gelegenen Rohrende (28) etwa 40 bis 60 % des Abstandes vom stromab gelegenen Rohrende (30) beträgt.
14. Heizanlage nach Anspruch 4 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß mittels des Gebläses (40) ein Druckgradient von 1 bis 20 bar, vorzugsweise 8 bar, eingestellt wird.
15. Heizanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß am stromauf und/oder am stromab gelegenen Rohrende (28 bzw. 30) ein sogenanntes Flapperventil angeordnet ist.
16. Heizanlage nach Anspruch 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß stromab des Rohres (10) und des Brennraumes (16) und gegebenenfalls stromab der Sprudleinrichtung (60) eine Einrichtung (128) vorgesehen ist zum Eingeben von Ammoniaklösung, welche mit den Verbrennungsgasen in Berührung kommt, sowie eine Einrichtung (138) zum Eingeben eines Oxidationsmittels und von Ammoniak.

Hierzu 4 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Heizanlage zum Verbrennen von Brennstoff, wie Kohlestaub, Kohle, Gas oder Öl unter Anwendung des sogenannten Pulsationsverfahrens.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Diese Technik – das Pulsations-Verbrennungsverfahren – ist seit langem bekannt. Sie geht unter anderem zurück auf das sogenannte Schmidt-Rohr und hat den Vorteil einer totalen (stöchiometrischen) Verbrennung mit hoher Energieausbeute. Insbesondere ist die Pulsationsverbrennung in einem langgestreckten Schmidt-Rohr geeignet für die Verbrennung von Kohlestaub (f. H. Reynst, „Pulsating Combustion“, Pergamon Press, New York, 1961).

Insbesondere bei der Verbrennung von Kohlestaub, aber auch von fester Kohle, entsteht um die brennenden Teilchen herum eine Hülle von Verbrennungsprodukten, durch welche der Sauerstoff dringen muß, um zur Oberfläche der brennenden Teilchen zu gelangen. Die Verbrennungsgeschwindigkeit der Teilchen wird deshalb durch die Diffusionsrate bestimmt, mit welcher der Sauerstoff zu der Oberfläche der brennenden Teilchen gelangt.

Eine Möglichkeit, der Oberfläche der brennenden Teilchen schnell Sauerstoff zuzuführen, bietet die sogenannte pulsierende Verbrennung. Dieses Phänomen ist seit langem bekannt (siehe z. B. Zeitschrift „Journal of the Institute of Fuel“, November 1968, S. 423–426; Zeitschrift „Thermal Engineering“, 16, 1961, S. 9–13, Aufsatz von V. S. Severyanin; und Zeitschrift „Öl & Gasfeuerung“, 3, 1979, S. 166–178).

Ein Problem bei Heizanlagen mit pulsierender Verbrennung besteht in der starken Geräuscentwicklung. Zur Minderung der Geräuscentwicklung ist es im Stand der Technik auch schon bekannt, die pulsierende Verbrennung in einem sogenannten Viertel-Wellenlängen-Rohr (Quarter-Wave-Tube) durchzuführen, siehe z. B. „Combustion Technology: Some modern developments“, Hrsg. H. B. Palmer und J. M. Beer, Academic Press, 1974, S. 138. Bei einer pulsierenden Verbrennung in einem Viertel-Wellenlängen-Rohr reflektiert ein vom Brennraum ausgehender Druckpuls an einem geschlossenen Ende des Rohres derart, daß sich die reflektierte Welle mit der einlaufenden Welle überlagert und dabei eine Schall-Abschwächung bewirkt. Wenn sich die Technik der Pulsationsverbrennung trotz der bekannten Vorteile, wie hohem Wirkungsgrad und geringer Umweltbelastung, nicht bei Heiz-Großanlagen durchgesetzt hat, so liegt das unter anderem auch an der großen Geräuscentwicklung und den erforderlichen hohen Schornsteinen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, bei hohem Wirkungsgrad der Verbrennung die Geräuscentwicklung und den Schadstoff-Ausstoß stark zu reduzieren.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte, kompakte Pulsations-Heizanlage zu entwickeln, die leicht steuerbar und an unterschiedliche Betriebsparameter einfach anpaßbar ist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch ein Rohr, zwischen dessen Enden ein Druckgradient erzeugt wird und in dem ein Brennraum derart angeordnet ist, daß sein Abstand vom stromauf gelegenen Rohrende zumindest annähernd gleich der Hälfte seines Abstandes vom stromab gelegenen Rohrende ist, welches in einen Hohltopf mündet, dessen Durchmesser größer ist als der des Rohres.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Heizanlage ist der Brennraum im Rohr derart angeordnet, daß ein sogenanntes Viertel-Wellenlängen-System entsteht.

Zur optimalen Abstimmung der Heizanlage in Abhängigkeit von unterschiedlichen Betriebsbedingungen ist in einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß die Position des Brennraumes im Rohr einstellbar ist.

Der erfindungsgemäß stromab des Pulsationsrohres gelegene Hohltopf, in den das stromab gelegene Rohrende mündet, dient als sogenannter „Dekoppler“, d. h. der Hohltopf hat eine schalldämpfende Wirkung. Hierzu hat der Hohltopf einen Durchmesser, der etwa dem zwei- bis dreifachen des Durchmessers des Pulsationsrohres entspricht, während die Länge des Hohltopfes etwa einem Drittel bis einem Fünftel, bevorzugt einem Viertel, der Gesamtlänge des Pulsationsrohres entspricht.

Dem der Geräuschkämpfung dienenden Hohltopf ist im Strömungsweg der Verbrennungsgase ein erster Wärmetauscher nachgeschaltet. Aus diesem ersten Wärmetauscher treten die Verbrennungsgase in zumindest ein als solches bekanntes Zyklon, um Staub- und Rußteilchen und dergleichen aus den Verbrennungsgasen zu entfernen.

Dem Zyklon (bzw. mehreren Zyklons) ist ein Gebläse nachgeschaltet, welches die Verbrennungsgase in eine Sprudleinrichtung überführt, welche als zweiter Wärmetauscher dient. Die Sprudleinrichtung entspricht bevorzugt der DE-PS 30 49 805.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Heizanlage ist das Pulsationsrohr stromab des Brennraumes etwa U-förmig gekrümmt. Hierdurch entsteht eine kompakte Bauweise. Zusammen mit dem am Rohrende angeordneten Hohltopf und dem ersten Wärmetauscher bildet das Pulsationsrohr etwa die Form eines umgekehrten U. Die beiden Enden der Schenkel des U sind auf einem Hohlkörper montiert, der mehrere Funktionen übernimmt. Stromab des Strömungsweges ist im Hohlkörper das Zyklon angeordnet. Stromauf des Pulsationsrohres bildet der Hohlkörper einen Hohlraum, in den das Pulsationsrohr mündet. Dieser Hohlraum hat ebenfalls eine geräuschkämpfende Wirkung.

Soll mit der erfindungsgemäßen Heizanlage feste Kohle verbrannt werden, so dient ein Rost zur Eingrenzung des Brennraumes, wobei die Stellung des Rostes im Rohr entsprechend den Betriebsparametern der Verbrennung einstellbar ist.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird im Brennraum ein Überdruck an sauerstoffhaltigem Gas mittels eines Gebläses erzeugt. Der erzeugte Überdruck liegt im Bereich von 1 bis 20 atü, bevorzugt bei etwa 8 atü.

Das erfindungsgemäße Pulsationsverfahren in einem Viertel-Wellenlängen-Rohr ermöglicht eine stöchiometrische Verbrennung bei niedrigen Temperaturen. Hierdurch wird die Bildung von Schadstoffen, insbesondere Stickoxiden, reduziert. Für eine weitere Reduzierung der Schadstoffe, kann der Kohle- bzw. dem Kohlestaub Kalzium beigelegt werden. Hierdurch werden weitere Stick- und Schwefeloxide gebunden.

In einer Variante der erfindungsgemäßen Heizanlage ist zur örtlichen Festlegung des Brennraumes statt eines Rostes r in sogenanntes Fluid-Bett vorgesehen. Hierzu sind an der Stelle des Rohres, an welcher der Brennraum liegen soll, Einlaßdüsen für ein Fluid, wie Luft, vorgesehen, die das Fluid unter so hohem Druck einführen, daß die zu verbrennenden Teile, wie Kohle und Kohlestaub, etwa stationär schweben.

Es versteht sich, daß bei Verbrennung von Gas oder Öl kein Rost benötigt wird, sondern der Brennstoff an der gewünschten Stelle des Brennraumes mit Düsen eingeleitet wird.

In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Heizanlage ist oberhalb des Rostes ein Sauerstoffsensor angeordnet und entsprechend der vom Sensor angezeigten Sauerstoffkonzentration wird das Gebläse gesteuert.

Ausführungsbeispiele

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung. Es zeigt

Fig. 1: schematisch einen Vertikalschnitt durch eine erfindungsgemäße Pulsations-Heizanlage,

Fig. 2: Einzelheiten einer als Wärmetauscher dienenden Sprudleinrichtung,

Fig. 3: eine Draufsicht auf einen Rost, und

Fig. 4: eine Weiterbildung der erfindungsgemäßen Pulsationsheizanlage zur Entfernung von Schadstoffen.

Fig. 1 zeigt eine Pulsations-Heizanlage im Vertikalschnitt. Eine Test-Anlage ist insgesamt ca. 3m hoch. Hieraus ergeben sich auch die Abmessungen der übrigen Teile.

Ein Rohr 10 dient als Pulsationsrohr, d. h. in dem Rohr 10 findet eine pulsierende Verbrennung statt. Der Brennstoff wird über einen Einlauf 12 in das Rohr 10 eingeführt. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel wird fester Brennstoff verbrannt. Die Anlage kann aber auch auf andere Brennstoffe, wie Öl und Gas, umgestellt werden.

Der Einlauf 12 wird mittels einer vertikal verstellbaren Klappe 13 geöffnet bzw. geschlossen. Die Klappe 13 ist mittels eines Spindelmotors 15 vertikal verschiebbar.

Ein Gebläse 14 ist zwischen der Klappe 13 und einer weiteren Klappe 17 angeordnet und erzeugt so eine Druckschleuse, so daß der links der Klappe 13 im Rohr 10 ein hoher Überdruck aufrecht erhalten werden kann.

Im Rohr 10 wird ein Brennraum 16 durch ein Rost 18 definiert. Der Rost 18 ist in Fig. 3 näher dargestellt.

Falls Kohlenstaub verbrannt werden soll, ist am Ort 18c eine Kohlenstaubdüse mit einem geeigneten Trägergas vorgesehen.

Wenn statt eines festen Brennstoffes Öl oder Gas verbrannt wird, wird der Brennraum 16 nicht durch einen Rost definiert, sondern durch eine Gasdüse 18a bzw. eine Öldüse 18b, deren Position in Fig. 1 ebenfalls angegeben ist. Es können auch mehrere Düsen vorgesehen sein. Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel mit einem Rost beschrieben, welches sich auf die Verbrennung von Kohle bezieht.

Der Rost 18 ist gemäß Fig. 1 mittels einer Stange 20 und einer Höhen-Verstelleinrichtung 22 in seiner Höhe verstellbar, so daß die Stellung des Rostes 18 bzw. des Brennraumes 16 im Rohr 10 in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen der Verbrennung einstellbar ist.

Falls statt der Kohle Öl oder Gas verbrannt werden soll (Gasdüse 18a, Öldüse 18b), so können in der Wandung des Rohres entsprechende Düsen in unterschiedlichen Höhen angeordnet werden, so daß der Gas- bzw. Ölstrom in unterschiedlichen Höhen wahlweise in das Rohr eingeleitet werden kann. Gerade nicht betriebene Düsen (nicht gezeigt) werden geschlossen.

Das Rohr 10 weist einen gekrümmten Abschnitt 24 auf. Der gekrümmte Abschnitt 24 macht etwa ein Drittel bis ein Viertel der Gesamtlänge des Rohres 10 aus. Im Zenit des gekrümmten Abschnittes 24 des Rohres 10 ist ein Sicherheitsventil 26 angeordnet. Oberhalb des Brennraumes 16 ist ein Sauerstoffsensor 25 angeordnet, mit dem die Gaszufuhr für die Verbrennung im Brennraum 16 gesteuert wird, damit eine vollständige stöchiometrische Verbrennung stattfindet. Die Gaszufuhr wird weiter unten beschrieben.

Die Stellung des Rostes 18 bzw. des unmittelbar über diesem gelegenen Brennraumes 16, also des Raumes, in dem die Flamme pulsiert, in bezug auf das stromauf gelegene Rohrende 28 bzw. das stromab gelegene Rohrende 30 des Pulsationsrohres 10 ist derart einstellbar, daß der Abstand des Rostes 18 vom stromauf gelegenen Rohrende 28 zwischen dem 0,4- bis 0,6fachen des Abstandes des Rostes vom stromab gelegenen Rohrende 30 beträgt. Dies ist durch die gestrichelten Linien in Fig. 1 angedeutet. Das stromauf gelegene Rohrende 28 ist wahlweise mit einem sogenannten „Flapper“-Ventil (Schmetterlingsventil) versehen oder offen.

Das Rohr 10 eines Test-Ausführungsbeispiels hat einen Innendurchmesser von ca. 140mm. Der Krümmungsradius der Mittellinie M des Rohres im gekrümmten Abschnitt 24 beträgt etwa 350mm.

Das stromab gelegene Rohrende 30 des Pulsationsrohres 10 mündet in einen Hohltopf 32, dessen Durchmesser ca. 500mm beträgt. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist am stromab gelegenen Rohrende 30 ein sogenanntes Flapper-Ventil vorgesehen, also ein Einwegventil, welches in Strömungsrichtung öffnet und umgekehrt fließt. Die Verbrennungsgase durchströmen den Hohltopf 32 in Fig. 1 von oben nach unten und legen dabei einen Weg von ca. 450mm zurück. Der Hohltopf 32 ist in seinem Bodenabschnitt trichterförmig ausgestaltet und mündet in einen ersten Wärmetauscher 34, in dem die in den Verbrennungsgasen steckende Energie an zirkulierendes Wasser abgegeben wird.

Das gesamte Rohr 10, die Wandungen des Hohltopfes 32 und der Wärmetauscher 34 werden von einem im einzelnen nicht dargestellten Kühlwasserkreislauf durchströmt. Das Rohr 10 und der Hohltopf 32 sind also hohlwandig ausgebildet. In Fig. 1 sind die Anschlußleitungen für den Wasserkreislauf (bzw. die Wasserkreisläufe) mit dem Bezugszeichen 36 versehen. Über den Kühlwasserkreislauf wird Verbrennungswärme gewonnen.

Wie in Fig. 1 dargestellt ist, bildet das Rohr 10 zusammen mit dem Hohltopf 32 und dem ersten Wärmetauscher 34 insgesamt die Form eines auf dem Kopf stehenden U, wobei der Hohltopf 32 eine Verdickung darstellt. Diese U-förmige Einheit steht auf einem Hohlkörper 38, der im wesentlichen kastenförmig ist.

Das stromauf gelegene Ende 28 des Rohres 10 mündet in einen Hohlraum 39, der ebenfalls schalldämpfend wirkt.

In dem Hohlraum 39 ist ein Gebläse 40 angeordnet, welches Luft von außen ansaugt und mit hohem Druck in das Rohrende 28 drückt. Das Gebläse erzeugt einen Überdruck gegenüber der äußeren Atmosphäre am Rohrende 28 zwischen 0,5 und 40 atü, vorzugsweise 5 bis 12 atü, insbesondere 8 atü. Der Überdruck hängt von den Betriebsparametern und vom Brennstoff ab. Am Eingang des stromauf gelegenen Rohrendes 28 ist ein sogenanntes Flapper-Ventil angeordnet, d. h. ein Schmetterlingsventil, das in Richtung auf das Rohrinne öffnet und in umgekehrter Richtung fließt.

Der Hohlraum 39 ist mittels einer Trennwand 42 vom übrigen Hohlkörper 38 abgetrennt. Auf eine Schrägwand 41 fallende Schlacke rutscht in eine Schlacken-Rutsche 44.

Auf der anderen Seite der Trennwand 42 mündet der erste Wärmetauscher 34 in einen Kanal 45, der zu zwei Zyklons 46 führt. In den Zyklons 46 wird das Verbrennungsgas in bekannter Weise in eine Drehbewegung versetzt, so daß mittels Zentrifugalkräften Partikel, Staub und Ruß oder dergleichen abgetrennt wird. Die Partikel fallen unten aus dem Zyklon heraus auf einen Partikelfänger 48.

Die Verbrennungsgase werden mittels eines Gebläses 50 zu einer Ausgangsleitung 52 geführt, welche die im Wärmetauscher 34 noch nicht vollständig abgekühlten Verbrennungsgase zu einem weiteren Wärmetauscher überführt, der im wesentlichen der DE-PS 3049805 entspricht und in Fig. 2 dargestellt ist.

Der zweite Wärmetauscher ist gemäß Fig. 2 eine Sprudleinrichtung 60. Bei 62 treten die Verbrennungsgase in ein Rohr 64, das in einem Wasserbad 66 angeordnet ist. Durch Vertikal-Rohre 68 strömen die heißen Verbrennungsgase in eine Kuppel 70, die in Fig. 2 in Explosionsdarstellung gezeigt ist. Im Betriebszustand ist die Kuppel 70 in das Wasserbad 66 derart abgesenkt, daß die Seitenwände 72 der Kuppel in das Wasser eintauchen. In den Seitenwänden 72 der Kuppel 70 sind nach unten im Querschnitt größer werdende Schlitze 74 vorgesehen, durch welche die Verbrennungsgase das Wasser durchsprudeln. Wie in der DE 3049805 ausgeführt ist, bewirkt die Anordnung der Schlitze 74 eine Dämpfung möglicher Pulsationserscheinungen im Verbrennungsgas.

Die Verbrennungsgase treten bei 76 aus der Sprudleinrichtung 60 aus. In der Kuppel 70 ist noch ein weiterer Wärmetauscher 78 in an sich bekannter Weise vorgesehen.

Die nun fast vollständig abgekühlten Verbrennungsgase enthalten relativ wenig Schadstoffe und benötigen einen relativ kurzen Schornstein.

Fig. 3 zeigt Einzelheiten eines Rostes 18 zur Verbrennung von insbesondere fester Kohle. Der Rost 18 besteht aus einer etwa kreisförmigen Platte, die konzentrische, jeweils etwa viertelkreisförmige Ausnehmungen 80 aufweist. Vier Vorsprünge 82 stehen radial vor und zentrieren den Rost 18 unter Abstand in bezug auf die Innenwand des Rohres 10.

Fig. 4 zeigt schematisch eine Anordnung, die der Vorrichtung gemäß Fig. 1 nachgeschaltet werden kann. Die Vorrichtung gemäß Fig. 4 ist in einem Gehäuse 100 angeordnet und dient dazu, die Verbrennungsgase weiter zu reinigen und zugleich mit ihnen einen Nutzstoff herzustellen, nämlich Ammoniumsulfatsalpeter.

Das Gehäuse 100 gemäß Fig. 4 weist einen Eingang 102 auf, in den die Verbrennungsgase einströmen. Der Eingang 102 kann insbesondere direkt an die Ausgangsleitung 52 gemäß Fig. 1 angeschlossen werden.

Durch den Einlaß 102 strömen die Gase in einen Raum 104, in den ein Rohr 106 ragt, das mit Löchern 109 versehen ist. Wasser tritt bei 107 in das Rohr 106 und wird in den Raum 104 gesprüht. Das sprühende Wasser reinigt die Gase, die den Raum 104 in Richtung des Pfeiles 114 passieren. Eine Wand 112 trennt den Raum 104 vom Rest der Vorrichtung im Gehäuse 100 ab. Am Boden des Raumes 104 ist Wasser 108 gesammelt, das bis zum Eingang eines Überlaufrohres 110 reicht.

In Richtung des Pfeiles 114 treten die so durch sprühende Wasser gereinigten Gase in eine Sprudleinrichtung 60', die der oben beschriebenen Sprudleinrichtung 60 entspricht (DE-PS 3049805). Durch die Schlitze 74 tritt das Gas in das Wasser 116 ein, dessen Pegel durch ein Überlaufrohr 124 bestimmt ist.

Bei 118 tritt Wasser in eine Kühlschlange 120 und bei 122 tritt das in der Sprudleinrichtung 60' erhitze Wasser aus der Kühlschlange aus.

Während im Raum 104 das einströmende Gas noch einen relativ hohen Druck von etwa 0,5 bis 8 bar aufweist, ist es im Raum 121 weitestgehend entspannt.

In den Raum 121 ragt ein Rohr 128, das mit feinen Löchern versehen ist. Bei 126 tritt Ammoniaklösung in das Rohr 128 ein, welche durch die feinen Löcher in den Raum 121 gesprüht wird und so mit den gereinigten und abgekühlten Verbrennungsgasen in Kontakt kommt.

Bei 131 treten die Verbrennungsgase sowie Reaktionsprodukte (siehe weiter unten) in einen nachfolgenden Raum 132, über dessen Boden ebenfalls Wasser 134 steht.

In den Raum 132 ragt ein Rohr 138, das ebenfalls fein verteilte Öffnungen aufweist und in welches bei 136 ein Oxidationsmittel, insbesondere Ozon, sowie Ammoniak eintritt, welches im Raum 132 versprüht wird.

Die Gase und Reaktionsprodukte (siehe weiter unten) strömen weiter in Richtung der Pfeile 142 um Barrieren 140, 140', 140'', 140''' eines Endkondensators zu einem Ausgang 144 des Gehäuses 100, der zu einem Schornstein führt.

Der Pegel des Wassers 134 wird durch ein „Überlaufrohr 146 definiert.

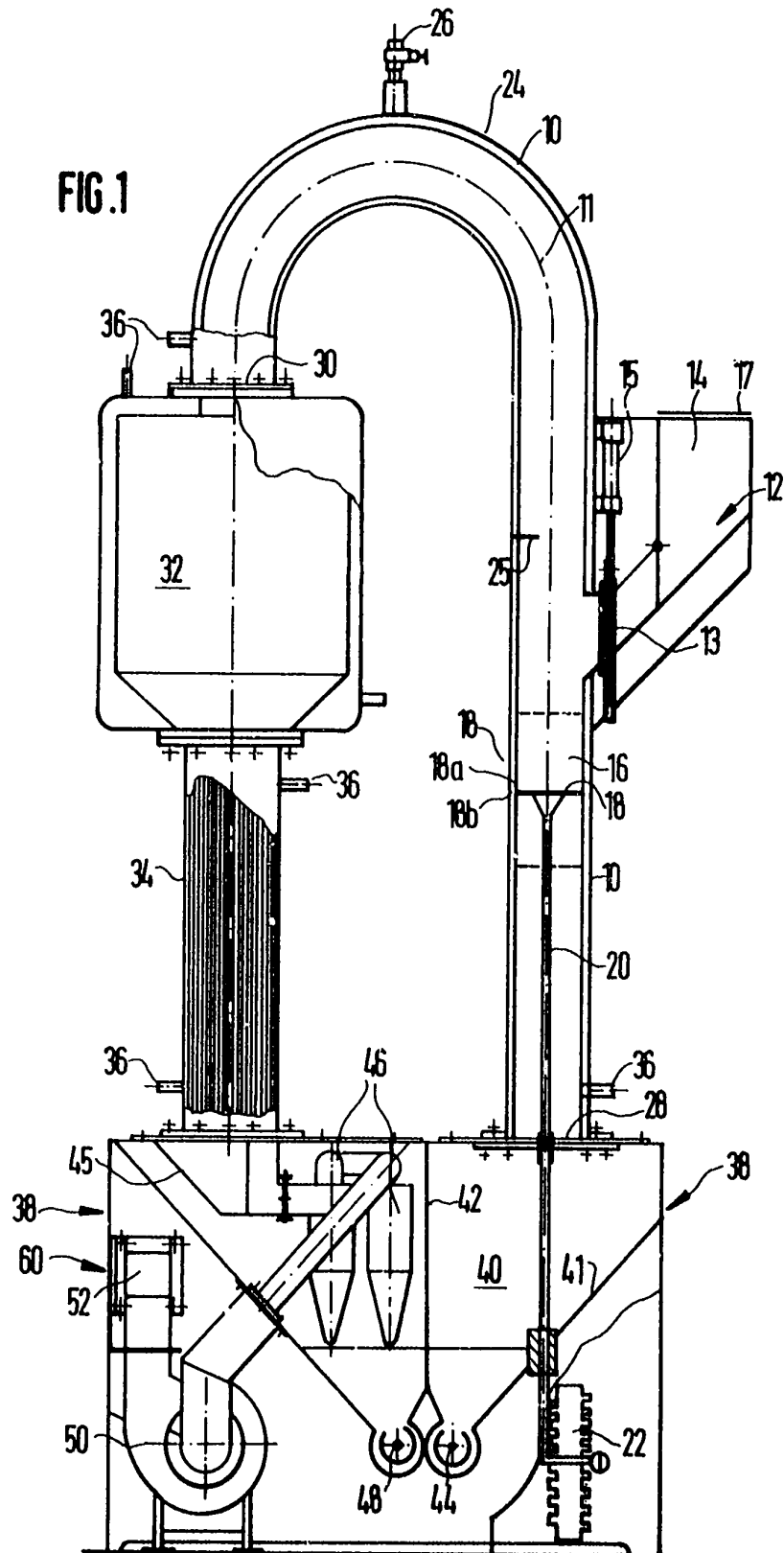
Die mit der beschriebenen Vorrichtung gemäß Fig. 4 erzielten chemischen Reaktionen sind wie folgt. Durch das Rohr 128 wird Ammoniak-Lösung mit den Verbrennungsgasen in Kontakt gebracht. In Anwesenheit von Wasser reagiert Ammoniak mit Schwefeldioxid (Bestandteil des Verbrennungsgases) zu Ammoniumsulfid ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$). Das mittels des Rohres 138 eingeführte Ozon (oder ein anderes Oxidationsmittel) reagiert mit dem Ammoniumsulfid zu Ammoniumsulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$).

Andererseits reagieren die im Verbrennungsgas enthaltenen Stickoxide NO_x mit dem Ammoniak zu Ammoniumnitrit.

Ammoniumnitrit reagiert mit Ozon zu Ammoniumnitrat.

Das oben beschriebene Ammoniumsulfat und das Ammoniumnitrat bilden Ammoniumsulfatsalpeter, welches aus der Vorrichtung gewonnen werden kann und für Düngezwecke genutzt werden kann.

FIG. 1



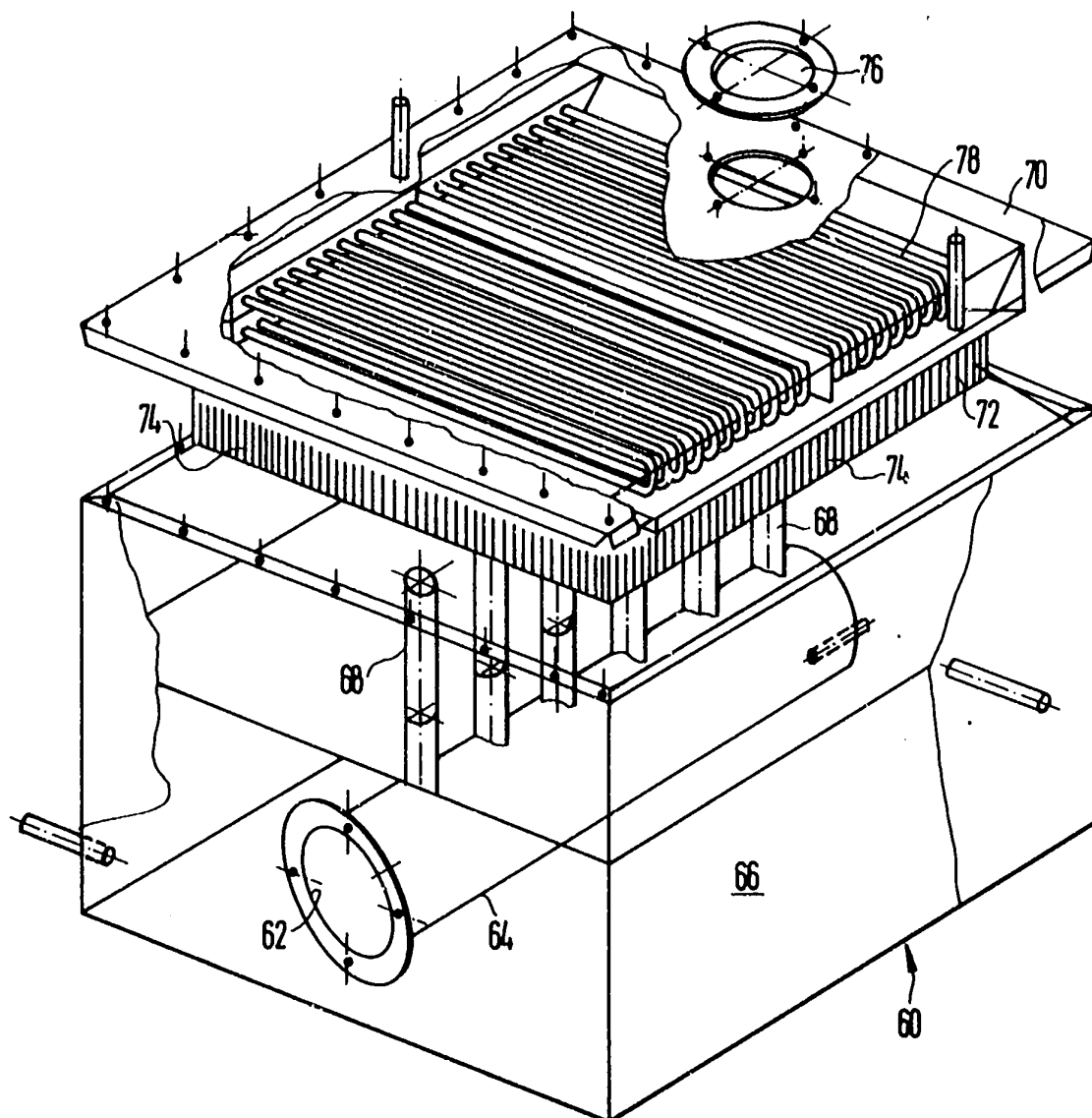


FIG. 2

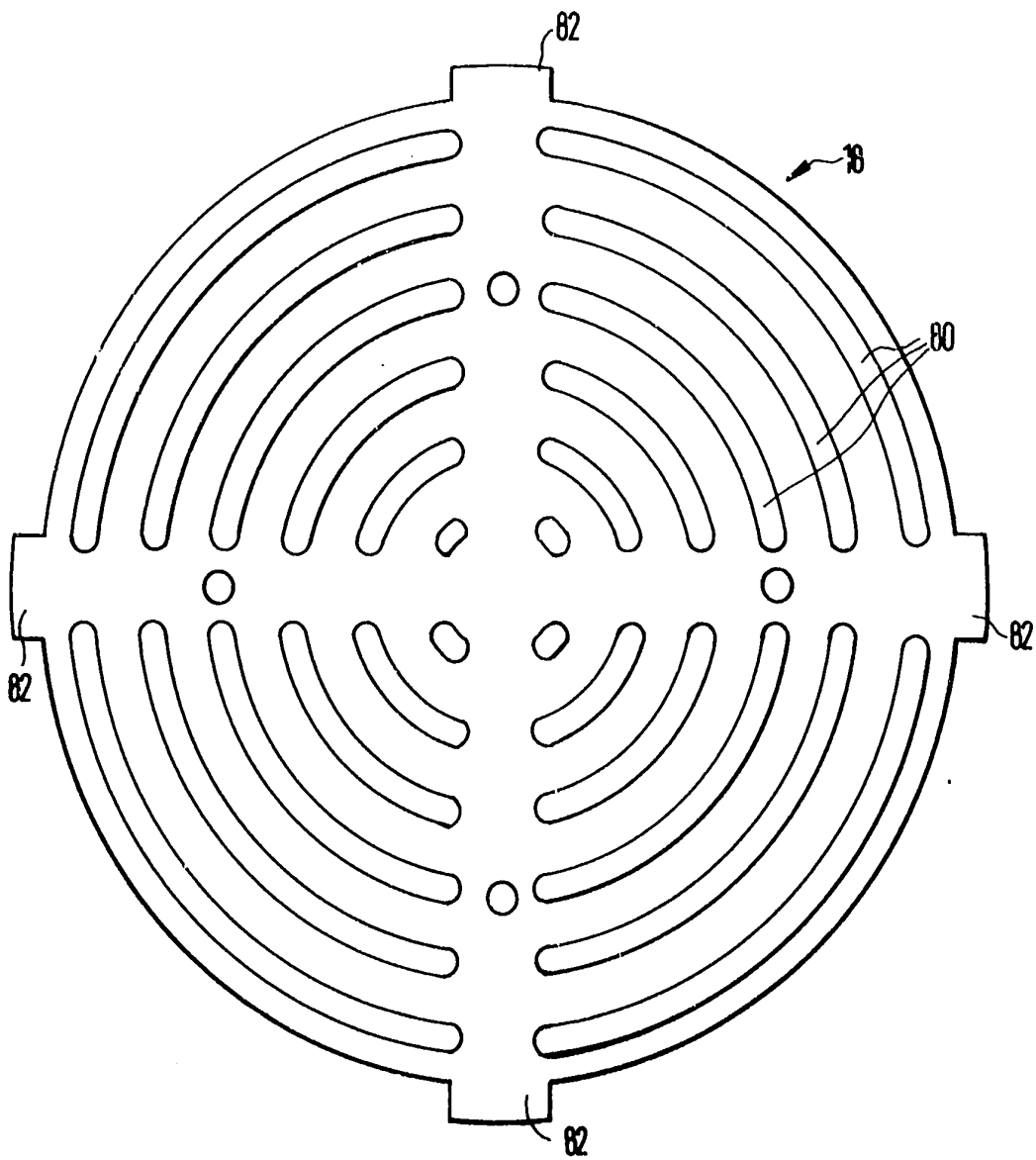


FIG. 3

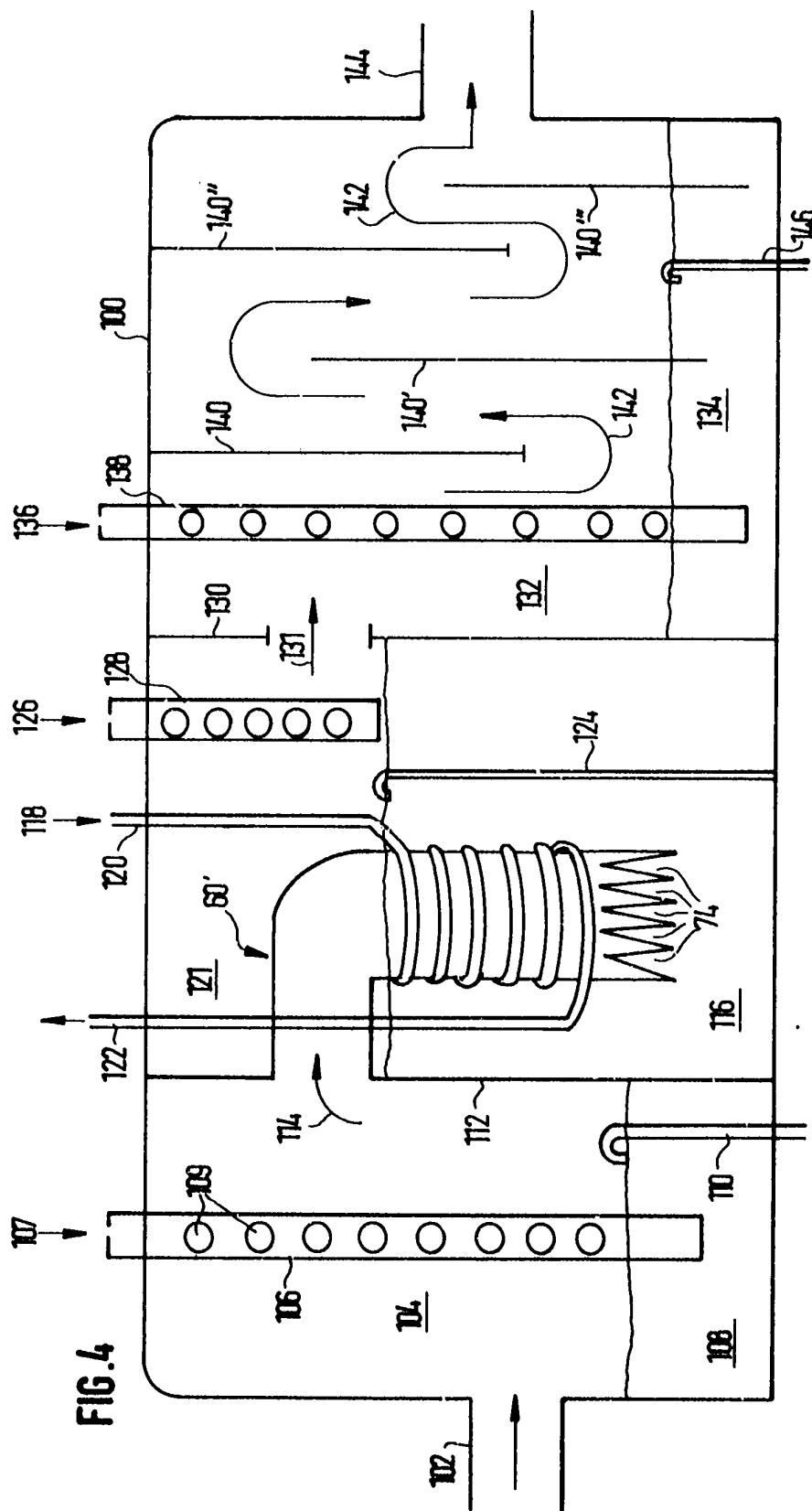


FIG. 4