



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 314 929 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
28.05.2003 Patentblatt 2003/22

(51) Int Cl.7: **F22B 21/06, F22B 21/34**

(21) Anmeldenummer: **02026081.6**

(22) Anmeldetag: **22.11.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: **SMOLAREK, Siegbert**
D-31535 Neustadt (DE)

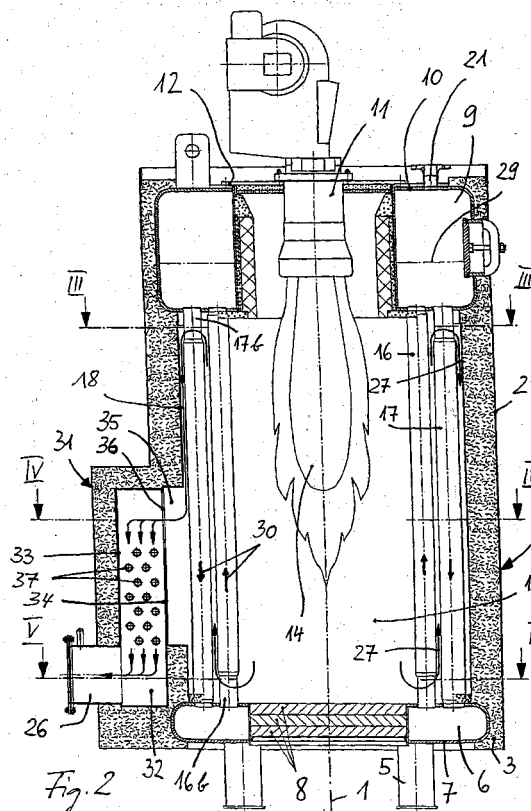
(74) Vertreter:
**Freiherr von Schorlemer, Reinfried, Dipl.-Phys.
Karthäuser Strasse 5A
34117 Kassel (DE)**

(30) Priorität: **23.11.2001 DE 10158299**

(71) Anmelder: **Henschel Kessel GmbH**
34127 Kassel (DE)

(54) **Wasserrohrkessel**

(57) Es wird ein Wasserrohrkessel beschrieben, der zwischen einer Umlenktrommel (6) und einer Sammeltrommel (9) je eine innere und äußere Rohrreihe (16a, 17a), die aus von Wasser durchströmten Rohren (16, 17) gebildet ist, und einen die innere Rohrreihe (16a) koaxial durchragenden Brenner (11) zur Erzeugung einer Flamme (14) enthält. Die Rohre (16) der inneren Rohrreihe (16a) sind an ihren unteren Enden und die Rohre (17) der äußeren Rohrreihe (17a) sind an ihren oberen Enden mit je einer Querschnittsverengung versehen. Dadurch entstehen zwischen den Rohrenden angeordnete Öffnungen (24, 25), durch die die von der Flamme (14) erzeugten Rauchgase einer Austrittsöffnung (26) zugeführt werden, die im Bereich der unteren Enden der Rohre (16, 17) angeordnet ist (Fig. 2).



EP 1 314 929 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Wasserrohrkessel der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung.

[0002] Wasserrohrkessel stehender Bauart werden insbesondere in Dampferzeugungsanlagen für industrielle Zwecke, z. B. im Lebensmittel-, Pharma- oder Wäschereibereich, oder für Heizzwecke angewendet. Ihre Wärmeaustauschelemente bestehen im wesentlichen aus Rohren, die innen von Wasser durchströmt und außen von Rauchgasen umspült werden. Die stehende Anordnung der Kessel ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn nur verhältnismäßig kleine Grundflächen für die Kessel zur Verfügung stehen.

[0003] Bei einer besonders kostengünstigen Variante derartiger Kessel erfolgt die Wasserführung durch Naturumlauf, bei dem der Wasserstrom zwischen den beheizten Steigrohren einer inneren Rohrreihe und den unbeheizten Fallrohren einer äußeren Rohrreihe ohne Anwendung einer Umwälzpumpe durch den Dichteunterschied von warmem und kaltem Wasser aufrecht erhalten wird. Das erhitzte Wasser oder das bereits teilweise verdampfte Wasser/Dampf-Gemisch strömt aus den Steigrohren in eine obere Sammeltrömmel, wo eine Trennung von Wasser und Dampf stattfindet. Noch nicht erhitztes Wasser strömt dagegen in den Fallrohren nach unten und wird in der Umlenktrömmel in die Steigrohre umgelenkt.

[0004] Die Umspülung der Rohre mit den von einem Brenner erzeugten Rauchgasen wird bei den Wasserrohrkesseln der eingangs genannten Art dadurch ermöglicht, daß zwischen den Rohren der inneren Rohrreihe eine erste, schlitzförmige Öffnung und zwischen den Rohren der äußeren Rohrreihe eine zweite, ebenfalls schlitzförmige Öffnung gebildet ist, wobei sich diese Öffnungen über die gesamte Höhe der Rohre erstrecken. Die Rauchgase strömen daher zunächst durch die erste Öffnung in eine zwischen den beiden Rohrreihen gebildete erste Kammer ein und gelangen dann durch die zweite Öffnung in eine zwischen der äußeren Rohrreihe und einer Kesselwand gebildete zweite Kammer, bevor sie diese durch eine in der Kesselwand ausgebildete Austrittsöffnung verlassen.

[0005] Ein Nachteil der beschriebenen Bauweise besteht darin, daß mit ihr die heute geforderten NO_x -Werte in den Abgasen nicht erreichbar sind. Die NO_x -Werte sind in der letzten Zeit durch gesetzliche Vorschriften immer stärker reduziert worden und dürfen in der Schweiz nicht mehr als 150 mg/m^3 betragen. Der Umstand, daß derartig niedrige Werte bisher nicht erreicht werden können, wird auf einen nicht ausreichenden Übergang der Wärmeenergie von den Rauchgasen auf das Wasser und die dadurch bedingten, vergleichsweise hohen Temperaturen von z. B. 380°C zurückgeführt, die die aus dem Kessel austretenden Abgase selbst dann noch aufweisen, wenn sie in bekannter Weise zur Speisewasservorwärmung verwendet werden. Außer-

dem fordern gesetzliche Bestimmungen für die hier interessierenden Kessel Wirkungsgrade von mindestens 92 %, die mit den herkömmlichen Kesseln stehender Bauart aus denselben Gründen ebenfalls nicht erreichbar sind.

[0006] Der Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, den Wasserrohrkessel der eingangs bezeichneten Gattung so auszubilden, daß ein verbesserter Wärmeaustausch erzielt und dadurch einerseits eine Reduzierung der NO_x -Werte, andererseits eine Vergrößerung des Wirkungsgrades erhalten wird.

[0007] Zur Lösung dieser Aufgabe dienen die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1.

[0008] Weitere vorteilhafte Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0009] Die Erfindung bringt den Vorteil mit sich, daß durch eine mit einfachen konstruktiven Mitteln realisierbare Veränderung der Rauchgasführung im Kessel eine erhebliche Verbesserung des Wärmeaustauschs erreicht wird. Der durch die Erfindung bevorzugt realisierte "Drei-Zug-Kessel" ermöglicht es, die oben genannten gesetzlichen Werte bei sonst gleichem konstruktivem Aufbau einzuhalten oder sogar zu übertreffen.

[0010] Die Erfindung bringt wegen des erhöhten Wirkungsgrades und der reduzierten NO_x -Abgaswerte außerdem den Vorteil mit sich, daß zur Erzielung gleicher Leistungen kleinere Brenner und/oder Kessel als bisher vorgesehen werden können. Abgesehen davon können die erfindungsgemäßen Kessel mit besonderem Vorteil zur Dampferzeugung im Bereich zwischen 250 kg/h und 5000 kg/h und bei Betriebsdrücken von 1 bar bis maximal 30 bar angewendet werden. Dabei ist klar, daß die erfindungsgemäßen Kessel anstatt zur Dampferzeugung auch zur Heißwasserbereitung verwendet werden können.

[0011] Die Erfindung wird nachfolgend in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Wasserrohrkessel;

Fig. 2 einen Vertikalschnitt durch den erfindungsgemäßen Kessel längs der Linie II-II der Fig. 1; und

Fig. 3 bis 5 Horizontalschnitte durch den Kessel längs der Linien III-III bis V-V der Fig. 2.

[0012] Ein Wasserrohrkessel der hier interessierenden Art, nachfolgend kurz "Kessel" genannt, enthält einen in der Regel zylindrischen, zu einer Längsachse 1 koaxialen Außenmantel 2, der auf seiner Innenseite mit einer z. B. aus Isolierwolle bestehenden Isolierschicht 3 versehen und Teil einer allgemein mit den Bezugszeichen 4 bezeichneten Kesselwand ist. Der Kessel ist auf Füßen 5 abgestützt und von stehender Bauart, d. h. seine Längsachse 1 ist im Betriebszustand vertikal angeordnet. In einen unteren Abschnitt der Kesselwand 4 ist

eine untere, von ihr umschlossene und als Hohlkörper ausgebildete Umlenktrommel 6 eingebaut, die im Ausführungsbeispiel ringförmig und koaxial zur Längsachse 1 ausgebildet und von einer Wandung 7 begrenzt ist. In einem von der Umlenkammer 5 ringförmig umschlossenen Raum befindet sich ein Behälterboden 8. Dagegen ist in einen oberen Abschnitt der Kesselwand 4 eine von dieser umschlossene, obere und als Hohlkörper ausgebildete Sammeltrummel 9 eingebaut, die im Ausführungsbeispiel ebenfalls ringförmig und koaxial zur Längsachse 1 ausgebildet und von einer Wandung 10 begrenzt ist.

[0013] In einen von der Sammeltrummel 9 umgrenzten Raum ragt ein zur Längsachse 1 koaxialer Brenner 11, der an einem oberhalb der Sammeltrummel 9 angebrachten Deckel 12 des Kessels befestigt und damit an einer dem Boden 8 gegenüberliegenden Stelle des Kessels angebracht ist. Der Brenner 11 wird z. B. mit Öl, Gas oder wahlweise mit Öl und Gas beheizt und dient zur Erzeugung einer Flamme 14, die sich axial im wesentlichen in einem zwischen der Umlenktrommel 6 und der Sammeltrummel 9 angeordneten Feuerraum 15 erstreckt.

[0014] Der Feuerraum 15 wird, wie insbesondere Fig. 3 bis 5 zeigen, von einer Mehrzahl von geraden Rohren 16 umgeben. Diese erstrecken sich gemäß Fig. 2 mit ihren Achsen parallel zur Längsachse 1 und münden jeweils mit ihren unteren Enden in die Umlenktrommel 6, mit ihren oberen Enden dagegen in die Sammeltrummel 9. Dabei sind die Rohre 16 im Ausführungsbeispiel auf einem die Längsachse 1 koaxial umgebenden Kreis und so angeordnet, daß sie mit ihren Mantelflächen dicht aneinander stoßen und eine nachfolgend als "erste Rohrreihe 16a" bezeichnete Anordnung bilden. Diese erste Rohrreihe 16a wird von einer zweiten Rohrreihe 17a umgeben, die in entsprechender Weise aus einer Mehrzahl von geraden Rohren 17 gebildet ist, die mit ihren Achsen parallel zur Längsachse 1 angeordnet sind und mit ihren unteren bzw. oberen Enden in die Umlenktrommel 6 bzw. die Sammeltrummel 9 ragen. Dabei liegen die Rohre 17 mit ihren Mantelflächen dicht aneinander, so daß ihre Achsen auf einem die Längsachse 1 koaxial umgebenden Kreis mit einem Durchmesser angeordnet sind, der größer als der Kreis, auf dem die Achsen der Rohre 16 liegen und kleiner als der Durchmesser eines zum Außenmantel 2 koaxialen, hier zylindrischen Innenmantels 18 ist, der in einem die Rohre 16, 17 umgebenden Bereich an der Isolierschicht 3 anliegt und als innere Begrenzung der Kesselwand 4 dient.

[0015] Aufgrund der beschriebenen Bauweise ist zwischen der ersten Rohrreihe 16a und der zweiten Rohrreihe 17a eine erste Kammer 19 und zwischen der zweiten Rohrreihe 17a und dem Innenmantel 18 eine zweite Kammer 20 ausgebildet. Außerdem ist der Deckel 12 des Kessels entsprechend Fig. 1 mit einem Ausgang 21 zur Entnahme von Dampf und einem Eingang 22 zur Zuführung von Speisewasser versehen. Sowohl der Ausgang 21 als auch der Eingang 22 ist mit der Sam-

meltrommel 9 verbunden.

[0016] Der bisher erläuterte Aufbau eines stehenden Wasserrohrkessels ist dem Fachmann allgemein bekannt und braucht daher nicht näher erläutert werden.

[0017] Die dicht aneinander liegenden Rohre 16, 17 weisen so geringe Zwischenräume zwischen sich auf, daß sie eine Wand bilden, die normalerweise für die von der Flamme 14 erzeugten Rauchgase im wesentlichen undurchlässig ist. Bei bekannten Kesseln sind jedoch zwischen ausgewählten Paaren von Rohren 16, 17 schlitzförmige Abstände vorhanden, so daß die Rauchgase vom Feuerraum 15 in die erste Kammer 19, von dieser in die zweite Kammer 20 und von dort in einen Kamin gelangen können. Demgegenüber sieht die vorliegende Erfindung vor, die Rohre 16 an ihren in Fig. 2 unteren Enden und die Rohre 17 an ihren in Fig. 2 oberen Enden mit Einschnürungen bzw. mit Abschnitten 16b bzw. 17b (vgl. auch Fig. 3 und 5) zu versehen, die im Vergleich zu den übrigen Rohrabschnitten reduzierte Querschnitte besitzen. Daher entsteht einerseits zwischen den einzelnen Rohren 16, wie in Fig. 2 und 5 angedeutet ist, eine Mehrzahl von am unteren Ende des Feuerraums 15 angeordneten Zwischenräumen bzw. ersten Öffnungen 24, durch die die Rauchgase in die erste Kammer 19 gelangen können. Andererseits entsteht zwischen den Rohren 17, wie in Fig. 2 und 3 angedeutet ist, eine Mehrzahl von am oberen Ende der ersten Kammer 19 angeordneten Zwischenräumen bzw. zweiten Öffnungen 25, durch die die Rauchgase aus der ersten Kammer 19 in die zweite Kammer 20 einströmen können. Schließlich ist erfindungsgemäß vorgesehen, am unteren Ende der zweiten Kammer 20 eine die Kesselwand 4 durchragende Austrittsöffnung 26 vorzusehen, durch die die Rauchgase aus der zweiten Kammer 20 den Kessel verlassen und z. B. in einen Kamin strömen können. Die Strömungsrichtung der Rauchgase ist in Fig. 2, 3 und 5 durch Pfeile 27 angedeutet.

[0018] Zwischen den Öffnungen 24 und 25 besitzen die Rohre 16, 17 solche Querschnitte (vgl. Fig. 2 und 4), daß sie wie üblich dicht aneinander liegen und die Rauchgase in diesem Bereich an einem Durchtritt aus dem Feuerraum 15 in die erste Kammer 19 bzw. aus dieser in die zweite Kammer 20 hindern. Damit wird mittels der Einschnürungen 16b, 17b erfindungsgemäß eine Zwangsführung für die Rauchgase derart geschaffen, daß diese nur im unteren Bereich des Kessels aus dem Feuerraum 15 in die erste Kammer 19, nur im oberen Bereich aus dieser in die zweite Kammer 20 und nur über die unten liegende Austrittsöffnung 26 in den Kamin gelangen können, wie insbesondere die Pfeile 27 in Fig. 2 zeigen.

[0019] Die Wirkungsweise des erfindungsgemäßen Kessels ist daher im wesentlichen wie folgt:

[0020] Bei eingeschaltetem Brenner 11 strömt kaltes, am Eingang 22 (Fig. 1) zugeführtes Speisewasser aufgrund des bevorzugt angewendeten Prinzips des Naturumlaufs durch die äußeren Rohre 17, die Fallrohre darstellen, nach unten in die Umlenktrommel 6 und gelangt

von dieser durch die Rohre 16, die Steigrohre darstellen, nach oben in die Sammeltrömmel 9. In der Sammeltrömmel 9 bildet sich, wie Fig. 2 durch eine gestrichelte Linie 29 angedeutet, eine Grenzfläche, unterhalb von der heißes Wasser und oberhalb von der Wasserdampf gesammelt wird, der je nach Bedarf intermittierend oder kontinuierlich über den Ausgang 21 entnommen werden kann. Die Strömungsrichtung des Wassers in den Rohren 16, 17 ist in Fig. 2 durch Pfeile 30 angedeutet.

[0021] Gleichzeitig mit der Wasserströmung können die von der Flamme 14 erzeugten Rauchgase radial (seitlich) nur durch die zwischen den Rohren 16 vorgesehenen ersten Öffnungen 24 aus dem Feuerraum 14 entweichen und in die erste Kammer 19 gelangen. In dieser müssen die Rauchgase dann in axialer Richtung hochsteigen, um durch die Öffnungen 25 zwischen den Rohren 17 in die zweite Kammer 20 gelangen zu können. In der zweiten Kammer 20 müssen die Rauchgase sodann wieder nach unten strömen, da sie nur dort durch die Austrittsöffnung 26 in den Kamin ausströmen können. Die auf diese Weise für die Rauchgase geschaffene Zwangsführung stellt sicher, daß die Rohre 16 und 17 praktisch auf ihrer ganzen axialen Länge vom Rauchgas umspült werden. Dadurch wird ein intensiver Wärmeaustausch bzw. Energieübergang zwischen den Rauchgasen und dem in den Rohren 16, 17 strömenden Wasser erhalten und im Vergleich zu bekannten Kesseln eine Verbesserung des Wirkungsgrades erzielt. Wegen der geringen, im Bereich der Austrittsöffnung 26 erhaltenen Temperatur der Rauchgase wird außerdem eine Reduzierung der NO_x -Werte erreicht.

[0022] Eine weitere Verbesserung des Wirkungsgrades und der NO_x -Werte wird erfindungsgemäß dadurch herbeigeführt, daß der Kesselboden 8 zumindest an seiner dem Feuerraum 14 zugewandten Oberfläche aus einem Material hergestellt wird, daß die von der Flamme 14 erzeugte Wärme im wesentlichen reflektiert statt absorbiert, wie dies bei herkömmlichen Kesseln der Fall ist. Anstelle üblicher Schamottmassen werden zu diesem Zweck z. B. Schichten aus einem Material verwendet, das unter der Bezeichnung "Ceraboard" im Handel erhältlich ist (z. B. Fa. Thermal Ceramics Deutschland GmbH & Co. KG in 21465 Reinbeck). Dadurch wird erreicht, daß keine Wärmeenergie durch Absorption im Kesselboden verloren geht.

[0023] Schließlich ist klar, daß die aus der zweiten Kammer 20 austretenden Rauchgase in an sich bekannter Weise dazu verwendet werden können, das am Eingang 22 zugeführte Speisewasser vorzuwärmen, um den Wirkungsgrad noch weiter zu steigern.

[0024] Zu diesem Zweck ist nach einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, den Außenmantel 2 und die Isolierschicht 3 an einer vorgewählten Stelle ihres Umfangs mit einem rucksackartigen, radial nach außen vorspringenden Ansatz 31 zu versehen und in diesem eine zur zweiten Kammer 20 parallele dritte Kammer 32 auszubilden. Die Isolierschicht 3 ist im Bereich dieser Kam-

mer 32 zweckmäßig mit einer entsprechend dem Innenmantel 18 ausgebildeten Innenwand 33 versehen. Wie insbesondere Fig. 2 zeigt, erstreckt sich die dritte Kammer 32 in axialer Richtung - beginnend an den unteren Enden der äußeren Rohre 17 - etwa über die untere Hälfte der zweiten Kammer 20.

[0025] Die dritte Kammer 32 ist an ihrem axial unten liegenden Ende mit der nach außen führenden Austrittsöffnung 26 verbunden. Dagegen ist sie an ihrer radial innen liegenden Seite durch eine Zwischenwand 34 begrenzt, die an ihrem oberen Ende mit einer Eintrittsöffnung 36 für die Rauchgase versehen ist und an die sich nach innen hin eine radiale Erweiterung 35 der zweiten Kammer 20 anschließt, die daher durch die Öffnung 36 mit der dritten Kammer 32 in Verbindung steht. Die Rauchgase strömen in diesem Fall in einem mittleren Bereich aus der zweiten Kammer 20 aus und gelangen dann durch die Öffnung 36 in die dritte Kammer 32 und von dort zur Austrittsöffnung 26.

[0026] In der dritten Kammer 32 ist ein im wesentlichen horizontal angeordnetes, vorzugsweise wendel- oder mäanderförmig verlegtes Rohr 37 angeordnet, das am Anfang bzw. Ende je einen nach außen geführten Anschluß 38, 39 (Fig. 1) aufweist. Dabei dient der Anschluß 38 z.B. zur Zuführung von frischem Speisewasser, während der Anschluß 39 über eine nicht dargestellte Leitung mit dem Eingang 22 (Fig. 1) verbunden ist. Dadurch wird das Speisewasser vor seinem Eintritt in die Rohre 16 durch die aus der zweiten Kammer 20 austretenden und das Rohr 37 bzw. dessen einzelne Abschnitte umspülenden Rauchgase vorgewärmt. Sollte dabei wegen des Austritts der Heizgase im Bereich der Öffnung 36 eine zu geringe Aufheizung des in den Rohren 17 strömenden Wassers bewirkt werden, wäre es alternativ möglich, eine der Kammer 32 entsprechende Anordnung in Strömungsrichtung hinter der unten angeordneten Austrittsöffnung 26 anzuordnen, damit auch die Rohre 17 auf ihrer ganzen Länge von den Rauchgasen umspült werden. Insgesamt können auf diese Weise Wirkungsgrade von ca. 94 % und NO_x -Werte von weniger als 150 mg/h^3 erzielt werden, was auf Austrittstemperaturen der Rauchgase hinter der Speisewasservorwärmung von z. B. 180°C bei den erfindungsgemäßen Kesseln zurückgeführt wird.

[0027] Die Erfindung ist nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt, das auf vielfache Weise abgewandelt werden könnte. Insbesondere können die Öffnungen 24, 25 jeweils zwischen ausgewählten oder auch zwischen allen vorhandenen Rohren 16, 17 der inneren bzw. äußeren Rohrreihe 16a, 17a vorgesehen und durch andere konstruktive Maßnahmen als Einschnürungen an den Rohrenden erhalten werden. Im Prinzip würde jeweils eine einzige, zwischen zwei benachbarten Rohren 16, 17 ausgebildete Öffnung 24, 25 ausreichen. Weiter wäre es möglich, anstelle des beschriebenen Dreizugprinzips einen vier oder noch mehr Züge aufweisenden Kessel vorzusehen, wobei die Rauchgase analog zur obigen Beschreibung an den

Rohrenden abwechselnd nach oben und unten umgelenkt werden, und das Speisewasser gegebenenfalls mit Hilfe von Pumpen zwangsweise durch die Rohre 16, 17 zu fördern. Weiter wäre es möglich, am unteren Ende der zweiten Kammer 20 eine Führung derart vorzusehen, daß die Rauchgase auf dem ganzen Umfang des Kessels bis zu den unteren Enden der äußeren Rohre 17 strömen müssen, bevor sie von dort über eine Ringleitung od. dgl. zur Austrittsöffnung 26 geleitet werden, um dadurch auf dem gesamten Umfang der zweiten Rohrreihe 16a eine gleichförmige Strömung zu erzielen. Außerdem wäre es möglich, die Eintrittsöffnung 36 zur dritten Kammer 32 an den unteren Enden der Rohre 16, 17 und in diesem Fall die Austrittsöffnung 26 an einer oberhalb des Rohrs 37 liegenden Stelle der dritten Kammer 32 vorzusehen. Weiter ist klar, daß die Querschnittsformen der Rohre 16, 17 und des Kessels insgesamt nur als Beispiele zu verstehen sind und bei Bedarf sowohl andere Querschnitte als auch mehr oder weniger ungerade Rohre vorgesehen werden können. Außerdem kann die Sammelkammer 9 allein zur Bereitstellung eines Heißwasservorrats dienen, in welchem Fall die Grenzfläche 29 entfallen würde. Schließlich versteht sich, daß die verschiedenen Merkmale auch in anderen als den dargestellten und beschriebenen Kombinationen angewendet werden können.

Patentansprüche

1. Wasserrohrkessel stehender Bauart mit einer unteren Umlenktrommel (6), einer oberen Sammeltrommel (9), einem zwischen diesen angeordneten Feuerraum (15), einer Mehrzahl zwischen den beiden Trommeln (6, 9) erstreckten und in diese mündenden Rohren (16, 17), die in wenigstens einer inneren, den Feuerraum (15) umgebenden Rohrreihe (16a) und einer äußeren, die innere Rohrreihe (16a) umgebenden Rohrreihe (17a) angeordnet sind, und einem Brenner (11) zur Erzeugung einer Flamme (14) im Feuerraum (15), wobei zwischen den beiden Rohrreihen (16a, 17a) eine erste Kammer (19) und zwischen der äußeren Rohrreihe (17a) und einer Austrittsöffnung (26) ausweisenden Kesselwand (4) eine zweite Kammer (20) gebildet ist und wobei von der Flamme (14) erzeugte Rauchgase zunächst durch wenigstens eine erste Öffnung (24) in der inneren Rohrreihe (16a) in die erste Kammer (19) eintreten und dann aus dieser durch wenigstens eine zweite Öffnung (25) in der äußeren Rohrreihe (17a) in die zweite Kammer (20) gelangen, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste Öffnung (24) an unteren Enden, die zweite Öffnung (25) an oberen Enden und die Austrittsöffnung (26) an unteren Enden der Rohre (16, 17) angeordnet ist.
2. Wasserrohrkessel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste Öffnung (24) und/oder die zweite Öffnung (25) durch eine Querschnittsverengung wenigstens eines Rohrs (16, 17) gebildet ist.
3. Wasserrohrkessel nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** alle Rohre (16) der inneren Rohrreihe (16a) an ihren unteren Enden mit je einer an der Bildung einer ersten Öffnung (24) beteiligten Querschnittsverengung versehen sind.
4. Wasserrohrkessel nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** alle Rohre (17) der äußeren Rohrreihe (17a) an ihren oberen Enden mit je einer an der Bildung einer zweiten Öffnung (25) beteiligten Querschnittsverengung versehen sind.
5. Wasserrohrkessel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Brenner (11) im Bereich der oberen Sammeltrommel (9) angeordnet und ein ihm gegenüber liegender Kesselboden (8) mit einem die Wärme im wesentlichen reflektierenden Material belegt ist.
6. Wasserrohrkessel nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die zweite Kammer (20) an einem unteren, den unteren Ende der Rohre (16, 17) zugeordneten Ende mit der Austrittsöffnung in Verbindung steht.
7. Wasserrohrkessel nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** er zwischen der zweiten Kammer (20) und der Austrittsöffnung (26) eine dritte Kammer (32) aufweist, die mit der Austrittsöffnung (26) und durch eine breitere in einem mittleren bis unteren Bereich der Rohre (16, 17) liegende Öffnung (36) mit der zweiten Kammer (20) in Verbindung steht und in der wenigstens ein zur Vorwärmung von Speisewasser bestimmtes Rohr (37) angeordnet ist.

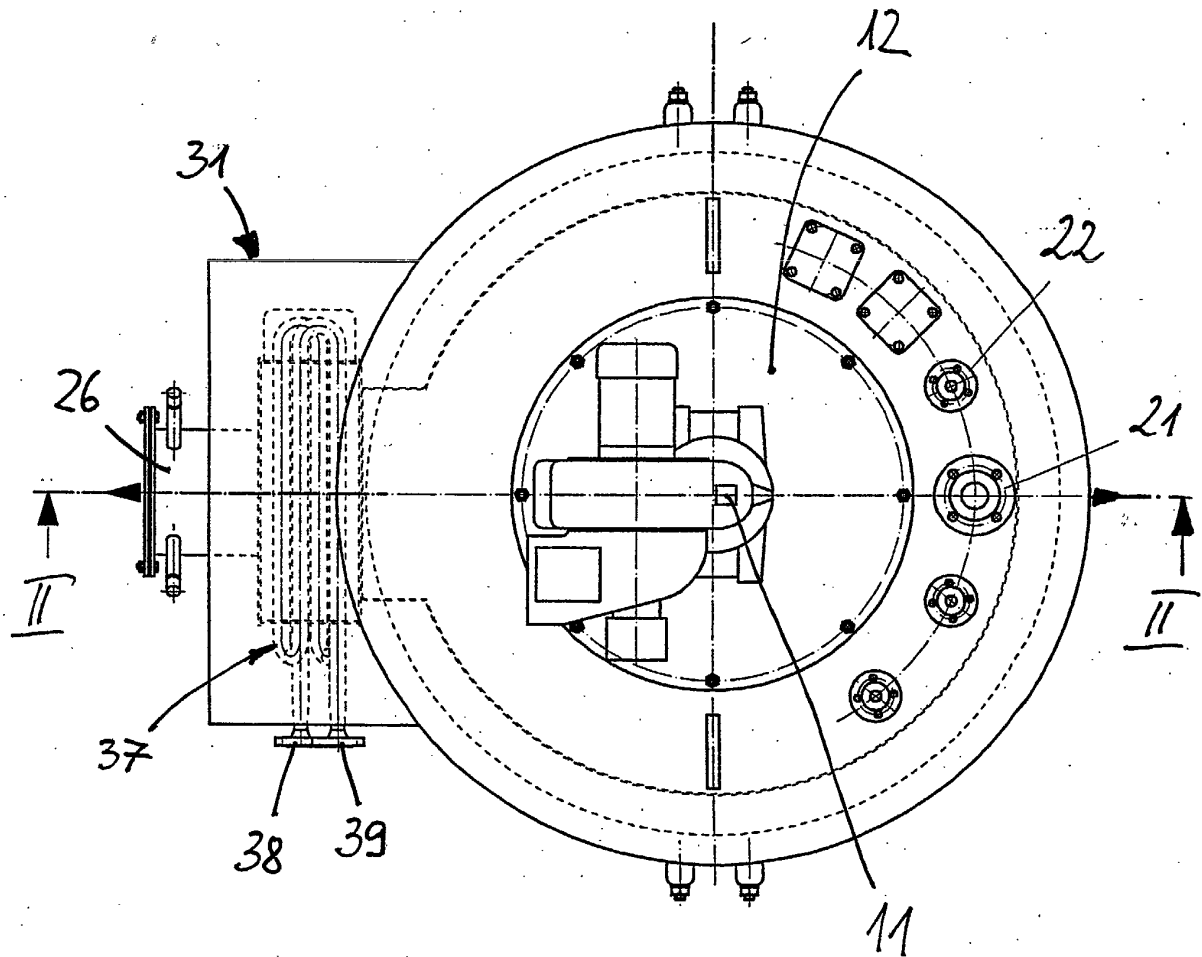
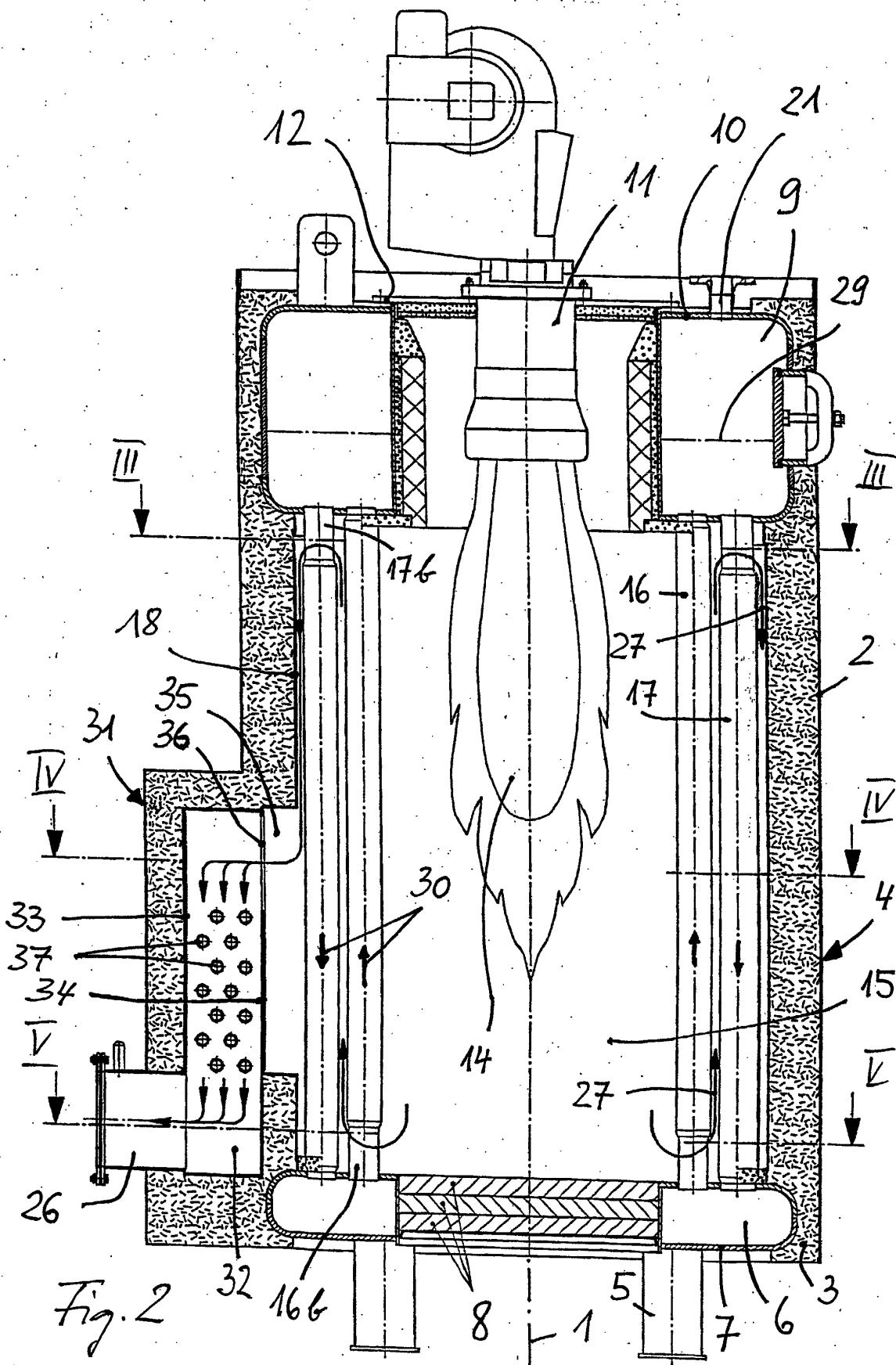


Fig. 1



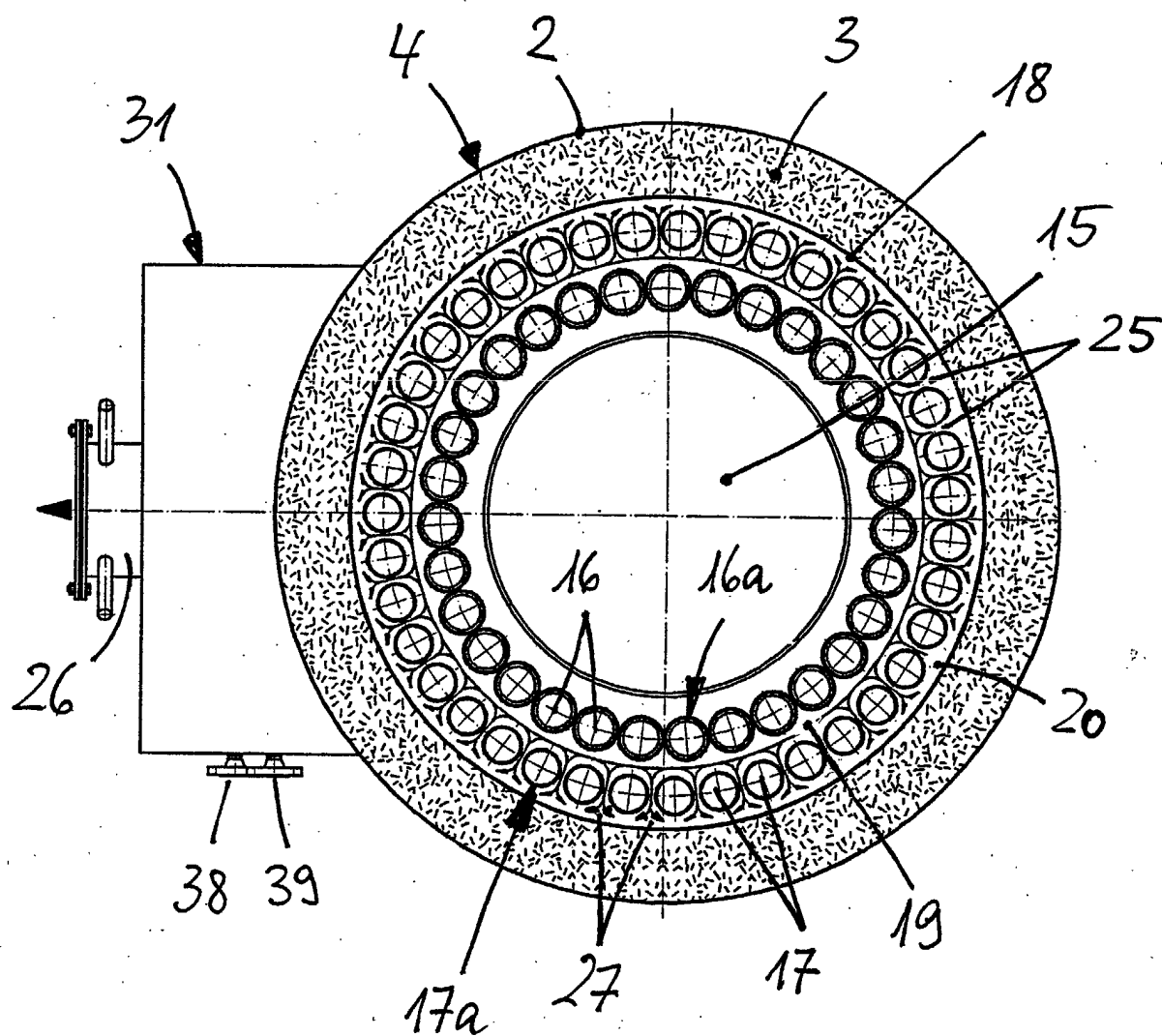


Fig. 3

