(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PATENTSCHRIFT

(12) Ausschließungspatent

(11) DD 284 742 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 B 7/00

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD F 23 B / 315 134 5	(22)	27.04.88	(44)	21.11.90
(31)	1846/87	(32)	27.04.87	(33)	HU

(71) siehe (73)
(72) Boross, László, Dr. Dipl.-Ing.; Gerlai, Tibor, Dipl.-Ing.; Horváth, Ferenc, Dipl.-Ing., HU
(73) Energiagazdálkodási Intezet, 1027 Budapest, Bem rkp. 33–34, HU
(74) Patentanwaltsbüro Berlin, Frankfurter Allee 286, Berlin, 1130, DD

(54) Verfahren und Anlage für eine fluidisierte Verbrennung von festen Brennstoffen

(55) Verfahren; Feuerungsanlage; fluidisierte Verbrennung; Brennstoffqualität; Brennluftgeschwindigkeit; Brennluft-Verteilung; Rezirkulationsprozeß; separierter Feuerraum; Schadstoffreduzierung

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur fluidisierten Verbrennung von festen Brennstoffen. Die Erfindung bezieht sich auf eine weiter verbesserte fluidisierte Verbrennung fester Brennstoffe unterschiedlicher bzw. niederer Qualität mit weitgehender Reduzierung der umweltbelastenden Schadstoffe. Erfindungsgemäß wird Luft mit inhomogener Verteilung in einer solchen Geschwindigkeit zur Herstellung einer fluidisierten Schicht eingeleitet, daß die feineren Fraktionen des Brennstoffes aus der fluidisierten Schicht zusammen mit einem Teil der brennbaren Gase ausgetragen, innerhalb des Feuerraumes einem Rezirkulationsprozeß unterliegen und von der fluidisierten Schicht mit oder ohne Zuführung von Zusatzluft verbrannt werden, wobei mit Hilfe der zugeführten Luftmengen die Brenntemperatur in der fluidisierten Schicht eingestellt und der Rezirkulationsprozeß gesteuert wird. Der Feuerraum ist von übrigen Anlagenteilen separiert und durch einen gegenüber dem Feuerraum verjüngten Ausströmquerschnitt mit diesem verbunden, wobei die abfließenden Brennprodukte bis zum Ausgang mehrfach umgelenkt werden.

ISSN 0433-6461

10 Seiten

Patentansprüche:

1. Verfahren zur fluidisierten Verbrennung von festen Brennstoffen, wobei Luft von unten eingeblasen und eine fluidisierte Schicht erzeugt wird, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Luft mit einer Geschwindigkeit, die die feineren Fraktionen des Brennstoffes und wenigstens eines Teils der brennbaren Gase aus der fluidisierten Schicht austrägt, eingeblasen und mit der Menge der eingeblasenen Luft gleichzeitig die Brenntemperatur der fluidisierten Schicht eingestellt und die erforderliche Sauerstoffmenge zum Verbrennen der aus der fluidisierten Schicht ausgetragenen brennbaren Bestandteile zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Luft mit einer inhomogenen Geschwindigkeitsverteilung so durch fluidisierte Schicht geblasen wird, daß in dem in Querrichtung der Anlage liegenden mittleren Teil der fluidisierten Schicht eine höhere Geschwindigkeit herrscht als in den Randteilen derselben.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** daß im Feuerraum über der fluidisierten Schicht die unverbrannten Stoffanteile rezirkuliert werden und nur das an brennbaren Anteilen freie Brennprodukt aus dem Feuerraum abgeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,** daß zur Rezirkulation und zur Abtrennung der brennbaren Anteile aus dem Brennprodukt der Feuerraum von den übrigen Teilen der Feuerungsanlage separiert wird, wobei die beiden Teile der Anlage über einen gegenüber dem Feuerraum verjüngten Querschnitt miteinander verbunden sind.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet,** daß zwischen dem Feuerraum und den übrigen Teilen der Feuerungsanlage mit einer Richtungsänderung gearbeitet wird, wobei die den Feuerraum verlassenden Brennprodukte außeralb des Feuerraums um 180° umgelenkt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet,** daß im Brennbereich des aus der fluidisierten Schicht ausgeblasenen Staubs bzw. der Gase Zweitluft zugeführt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet,** daß durch die Zweitluftzufuhr die Rezirkulation erhöht wird.
8. Anlage zur fluidisierten Verbrennung von festen Brennstoffen mit einem von den übrigen Teilen der Feuerungsanlage separierten, die fluidisierte Schicht aufnehmenden Feuerraum, der mit luftzuführenden Organen zur Erzeugung der fluidisierten Schicht ausgestattet ist, **dadurch gekennzeichnet,** daß zwischen dem Feuerraum (1) und den übrigen Teilen der Feuerungsanlage ein gegenüber dem Querschnitt des Feuerraums (1) verjüngter Ausströmquerschnitt (17) in der Weise ausgebildet ist, daß am Ausgang des Feuerraums (1) mindestens eine, das Ausströmen der Brennprodukte behindernde und den Ausströmquerschnitt (17) verengende Aufschlagplatte (19, 27, 28) angeordnet ist.
9. Anlage nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet,** daß die dem Feuerraum (1) nachgeordneten Teile der Anlage in Strömungsrichtung der Brennprodukte mit einer ersten Richtungsänderung von 90° und anschließend einer weiteren Richtungsänderung der Brennprodukte von 90° an den Feuerraum (1) angeschlossen sind.
10. Anlage nach Anspurch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet,** daß eine Aufschlagplatte (21) den Ausströmquerschnitt (17) von mindestens drei Seiten her verengt.
11. Anlage nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Aufschlagplatte (27, 28) den Ausströmquerschnitt (17) in zwei Teile unterteilt.
12. Anlage nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet,** daß in dem von der Aufschlagplatte (28) bestimmten Ausströmquerschnitt (17) ein in den Feuerraum (1) senkrecht hineinragender an der Aufschlagplatte (28) befestigter Vorsprung (29) vorgesehen ist.
13. Anlage nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet,** daß am Ausgang des Feuerraumes (1) zur Höhenrichtung der Feuerungsanlage senkrechte, und zur fluidisierten Schicht parallel verlaufende Aufschlagplatten (28) angeordnet und in der waagerecht verlaufenden Aufschlagplatte (28) angeordnet und in der waagerecht verlaufenden Aufschlagplatte (28) Öffnungen (30) zur Abführung des Staubes ausgestaltet sind.
14. Anlage nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet,** daß mit Hilfe der die fluidisierte Schicht (4) erzeugenden luftzuführenden Organe und durch die Abtrennung des Feuerraums (1) von den übrigen Teilen der Feuerungsanlage eine rezirkulierende Strömung der die fluidisierte Schicht verlassenden Stoffe im Feuerraum (1) gewährleistet ist.

15. Anlage nach einem der Ansprüche 8 bis 14, **dadurch gekennzeichnet,** daß Düsen (22) vorgesehen sind, die die Sekundärluft über der fluidisierten Schicht (4) in den Feuerraum (1) einleiten.
16. Anlage nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet,** daß die über der fluidisierten Schicht (4) liegende Strecke des Feuerraums (1) sich wenigstens teilweise nach oben erweitert und die die Sekundärluft zuführenden Düsen (22) in den schrägen Flächen (24) der sich erweiternden Strecke, mit der Vertikalen einen spitzen Winkel einschließend, zur Mitte des Feuerraums (1) orientiert angeordnet sind.
17. Anlage nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet,** daß der höchste Punkt (32) des Austrittsquerschnitts (31) der Düsen (22) näher zur Mittelebene des Feuerraums (1) liegt, als der niedrigste Punkt (33).
18. Anlage nach einem der Ansprüche 8 bis 17, **dadurch gekennzeichnet,** daß am Ausgang des Feuerraums (1) ein Staubsammelraum (25) vorgesehen ist, durch den die Brennprodukte mit einer Richtungsänderung von 90° hindurchgeführt werden, wobei der Ausgang des Staubsammelraumes (25) über einen Staubkanal (26) mit dem Feuerraum (1) verbunden ist.

Hierzu 4 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Anlage zur fluidisierten Verbrennung von festen Brennstoffen, bei denen Luft von unten eingeblasen und dadurch eine Fluidisationsschicht erzeugt wird, in der und über der die Wärme freigegeben wird.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

In Bezug auf die Forderungen der Umweltschützer führen die bei der Ölfeuerung emittierenden Schwefeldioxyde, die bei der Gasfeuerung emittierenden Stickstoffdioxyde und die bei der Kohlenfeuerung freiwerdenden Schwefel- und Stickoxyde zu Problemen.
Verschiedene Versionen einer Fluidisationsfeuerung für feste Brennstoffe sind bereits bekannt. Bei diesen Verfahren liegt der Temperaturbereich im allgemeinen zwischen 800 und 900 °C. Die Vorteile der erwähnten Verfahren bestehen darin, daß die Stickstoffoxydbildung niedrig ist und die Bedingungen zum Binden der Schwefeldioxyde mit Hilfe von Zuschlagstoffen z. B. durch Einführung von Kalkstein in den Feuerraum günstig sind. Die Verfahren können auch vorteilhaft für Brennstoffe mit niederer Qualität eingesetzt werden, da sie gegenüber dem Ascheninhalt unempfindlich sind.
Die Fluidisationsfeuerungen mit gekühlter Schicht bilden eine Gruppe der Verfahren. Ihr Nachteil ergibt sich aus den verhältnismäßig hohen Investitionskosten, die auch auf die Anwendung der Schichtkühlrohre, der komplizierten Zuführsysteme und der Regelvorrichtungen zurückzuführen sind. Eine weitere Schwierigkeit besteht in der Regelung der Betriebsweise im Teillastbereich. Auf der Einheitsfläche des Luftverteilers kann eine verhältnismäßig geringe Wärmeleistung freigegeben werden. Der brennbare Inhalt des aus der Schicht ausgeblasenen Staubes kann auch zu Feuerungsverlusten führen. Diesen Nachteil versucht man durch Staubabscheider, die der fluidisierten Schicht nachgeschaltet sind und durch die Rezirkulation des Staubes zu eliminieren.
Als ein solches System ist die sogenannte Zirkulationsfluidisation anzusehen, bei der separate, gemauerte Zyklone und Rückspeiseelemente vorgesehen sind, die wiederum Zusatzkosten und ein Plus in bezug auf den Eigenverbrauch hervorrufen. Bei diesen Lösungen ist die zur Entschwefelung zugeführte Kalksteinpulvermenge wirksamer, als bei den gekühlten Schichten.
Zweistufige Feuerungen, die sich aus Feuerungen mit Luftmangel und aus der verzögerten Zufuhr der Brennluft (da die Brennluft in sekundäre und teritäre Luft unterteilt wird) ergeben, werden sowohl bei der Kohlenstaubfeuerung zur Herabsetzung des Stickstoffoxyds, als auch bei der Fluidisationsfeuerung – aus den obenerwähnten Gründen – für Festbrennstoffe mit minderwertiger Qualität eingesetzt. Bei diesen Lösungen ist sowohl der Ausbrennungsgrad, als auch die Verwertung des pulverisierten Kalksteins ungünstiger, als bei den Verfahren mit gekühlter Schicht oder Zirkulation.
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß man die Luft mit einer Geschwindigkeit einbläst, bei der die feineren Fraktionen des Brennstoffs (und auch der brennbaren Gase) aus der Fluidisationsschicht ausgetragen werden und mit Hilfe der durchgeblasenen Luftmenge gleichzeitig die Temperatur der fluidisierten Schicht eingestellt wird, wobei der aus der fluidisierten Schicht ausgeblasene Staub und das Gas mit dem Sauerstoffüberschuß des durch die Schicht strömenden Gases vollkommen ausgebrannt wird. Im Bedarfsfall kann zur Verbrennung eine weitere Menge an Sekundärluft zugeführt werden.
Im Sinne einer zweckmäßigen Realisierungsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Luft mit einer inhomogenen Geschwindigkeitsverteilung so durch die fluidisierte Schicht geblasen, daß im mittleren Teil der fluidisierten Schicht, der in Querrichtung verläuft, eine höhere Fluidisationsgeschwindigkeit herrscht, als in den beiden Randteilen.
Im Sinne der Erfindung besteht die Möglichkeit, in dem Feuerraum über der Fluidisationsschicht die unverbrannten Stoffe zu rezirkulieren und nur das vom brennbaren Teil freie Brennprodukt aus dem Feuerraum abzuführen.
Die Aufgabe der Erfindung wird ferner durch eine speziell aerodynamisch günstige Gestaltung der Geometrie des Feuerraums, durch die Ausnützung des gesamten Feuerraumvolumens für die Verbrennung und durch die bewährte und einfache Wandkühlung gelöst.

Im Sinne der Erfindung ist es zweckmäßig, wenn für die Rezirkulation bzw. zur Abtrennung des brennbaren Teils vom Brennpunkt der Feuerraum von den sonstigen Teilen der Feuerungsanlage separiert ist und diese durch einem gegenüber dem Querschnitt des Feuerraums verjüngten Querschnitt miteinander verbunden sind. In diesem Fall besteht die Möglichkeit, zwischen dem Feuerraum und den sonstigen Teilen der Feuerungsanlage eine Richtungsänderung vorzusehen, wobei das den Feuerraum verlassende Brennprodukt außerhalb des Feuerraums um 180° umgelenkt wird.
Erfindungsgemäß ist es vorteilhaft, wenn dem aus der fluidisierten Schicht ausgeblasenen Staub bzw. beim Verbrennen der Gase Zweitluft zugeführt wird, durch die die Rezirkulation erhöht werden kann.
Eine weiterentwickelte Form der erfindungsgemäßen Feuerungsanlage ist dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Feuerraum und den sonstigen Teilen der Feuerungsanlage ein Ausgangsquerschnitt – der enger ist, als der Querschnitt des Feuerraums – ausgestaltet ist, indem am Ausgang des Feuerraums mindestens eine, das Ausströmen des Brennprodukts behindernde und den Ausgangsquerschnitt verjüngende, Aufschlagplatte angeordnet ist.
Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Feuerungsanlage sind die dem Feuerraum nachgeordneten Teile der Feuerungsanlage, im bezug zur Strömungsrichtung der Brennprodukte, zuerst mit einer Richtungsänderung von 90° und darauffolgend mit einer weiteren Richtungsänderung von 90° am Feuerraum angeschlossen.
Im Sinne der Erfindung ist die Aufschlagplatte zweckmäßig so ausgestaltet, daß der Ausströmquerschnitt mindestens von drei Seiten her eingegrenzt bzw. verjüngt ist. Es besteht jedoch die Möglichkeit, die Aufschlagplatte so auszubilden, daß sie den Ausströmquerschnitt in zwei Teile unterteilt. Es besteht weiterhin die Möglichkeit, an der Aufschlagplatte einen in den Feuerraum senkrecht hineinragenden Vorsprung vorzusehen, der sich in dem von der Aufschlagplatte bestimmten Ausströmquerschnitt befindet.
Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung sind am Ausgang des Feuerraums zur Höhenrichtung der Anlage senkrechte und zur fluidisierten Schicht parallel verlaufende Aufschlagplatten angeordnet, wobei in der waagerecht angeordneten Aufschlagplatte Öffnungen zur Ableitung des Staubes vorgesehen sind.
Mit Hilfe der über die Luftzuführorgane zugeführten Luft zur Herstellung der Fluidisationsschicht und durch die Trennung des Feuerraums von den übrigen Teilen der Feuerrungsanlage wird ein Rezirkulationsstrom für die aus der fluidisierten Schicht austretenden, brennbaren Stoffe im Feuerraum aufrechterhalten.
Vorteilhaft ist ferner der Einsatz von Düsen, die Sekundärluft in den Feuerraum über die fluidisierte Schicht einführen. In diesem Fall besteht die Möglichkeit, die über der fluidisierten Schicht liegende Strecke des Feuerraums wenigstens teilweise mit einer nach unten gerichteten Erweiterung trichterartig auszubilden, wobei die die Sekundärluft zuführenden Düsen mit den schrägen Flächen der erweiterten Strecke einen spitzen Winkel gegenüber der Vertikalen bilden und zum Mittelteil des Feuerraums orientiert angeordnet sind.
Zweckmäßig werden die Düsen erfindungsgemäß so ausgestaltet, daß der höchste Punkt des Ausströmquerschnitts näher zur Mittelebene des Feuerraums liegt, als der niedrigste Punkt.
Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung ist am Ausgang des Feuerraumes ein Staubsammelraum angeschlossen, durch den die Brennprodukte mit einer Richtungsänderung von 90° hindurchgeführt werden, wobei der Ausgang des Staubsammelraumes in den Feuerraum rückgeführt ist.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In den dazugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: den Schnitt durch eine Feuerungsanlage nach der Erfindung in schematischer Darstellung,
Fig. 2: die Seitenansicht der Anlage nach Fig. 1,
Fig. 3: den Schnitt durch eine weitere Ausführung der Feuerungsanlage,
Fig. 4: die Seitenansicht der Anlage nach Fig. 3,
Fig. 5: den Schnitt durch eine weitere mögliche Ausführung der Anlage,
Fig. 6: eine weitere Feuerungsanlage in schematischer Darstellung,
Fig. 7: die Seitenansicht zu Fig. 6,
Fig. 8: den Schnitt einer weiteren möglichen Ausführung,
Fig. 9: den Schnitt der Sekundärluftdüse.

Wie aus Fig. 1 und 2 hervorgeht, weist die erfindungsgemäße Feuerungsanlage einen Feuerraum 1 und den sich daran anschließenden Abgasraum 2 auf. Im Feuerraum 1 wird auf einem auch als Rost dienenden Luftverteiler 3 die fluidisierte Schicht 4 ausgebildet. Unter dem Luftverteiler 3 befinden sich die Luftkästen 5, 6 und 7.
Bei der hier dargestellten Ausführung ist die fluidisierte Schicht 4 in der Querrichtung der Anlage in drei parallele Teile unterteilt, und zwar so, daß im mittleren Teil 8 die Fluidisationsgeschwindigkeit höher ist, als in den beiden neben dem Mittelteil 8 liegenden Randteilen 9, 10. Zur besseren Übersicht sind die niederen Fluidisationsgeschwindigkeiten in den Randteilen 9, 10 durch kurze Pfeile gekennzeichnet. Die unterschiedlichen Fluidisationsgeschwindigkeiten werden dadurch erreicht, daß die Luft in den Luftkästen 5 und 7, in den Randteilen 9, 10 entsprechend mit unterschiedlicher Geschwindigkeit eingeführt wird. Aus diesem Grunde ist die zu den Luftkästen 7, 5 führende Leitung 14 unter Zwischenschaltung einer Klappe 13 an einen zur Luftversorgung dienenden Ventilator 11 angeschlossen. Der mittlere Luftkasten 6 ist über die Leitung 15 mit der Klappe 12 an den Ventilator 11 angeschlossen. Mit Hilfe der Klappe 12 wird in der Leitung 15 eine höhere Luftströmungsgeschwindigkeit eingestellt, als mit der Klappe 13 in der Leitung 14. Im Ergebnis dieser Maßnahme entsteht eine höhere Fluidisationsgeschwindigkeit im Mittelteil 8, bzw. eine niedrigere Fluidisationsgeschwindigkeit in den Randteilen 9 und 10.

Der fluidisierten Schicht ist außerdem ein Entleerungsrohr 16 zugeordnet, über das der Staubüberschuß aus der Schicht 4 abgeleitet werden kann.
Im Sinne der Erfindung besitzt der Ausgang des die fluidisierte Schicht 4 enthaltenden Feuerraumes 1 einen kleineren Ausströmquerschnitt 17 gegenüber dem Querschnitt des Feuerraums 1.
Bei der in Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführung wird die Größe des Ausströmquerschnitts 17 durch eine in den Abgasraum 2 überleitende Platte 18 und durch eine gegenüberliegende Aufschlagplatte 19 bestimmt. Aus den Figuren geht eindeutig hervor, daß die Platte 18 bzw. die Aufschlagplatte 19 gegenüber der Größe des Feuerraums 1 einen verhältnismäßig engen Ausströmquerschnitt 17 festlegen. Auf diese Weise ist der Feuerraum 1 von den übrigen Teilen der Feueranlage separiert, wobei die Verbindung zwischen dem Feuerraum 1 und den übrigen Teilen der Feuerungsanlage durch den Ausströmquerschnitt 17 erfolgt.
Die beschriebene Feuerungsanlage arbeitet wie folgt. Mit der vom Ventilator 11 gelieferten Luft werden die verschiedenen Fluidisationsgeschwindigkeiten unter Einsatz der Klappen 12, 13 auf die bereits beschriebene Weise in den Teilen 8, 9, 10 der fluidisierten Schicht 4 eingestellt. Mit Hilfe der Luftmengen wird die Brenntemperatur der fluidisierten Schicht 4 eingestellt. Im Mittelteil 8 der fluidisierten Schicht 4 – wo die höchste Geschwindigkeit herrscht – wird obendrein über den Luftkasten 6 eine Luftgeschwindigkeit eingestellt, mit der die brennbaren, in der fluidisierten Schicht 4 enthaltenen feineren Fraktionen des Staubes ausgeblasen werden.
Darüber hinaus wird über die Luftkästen 5, 6 bzw. 7 eine Luftmenge eingeführt, die in der Lage ist, entsprechend den brennbaren Bestandteilen des ausgeblasenen Staubes und des Gases einen Sauerstoffüberschuß über der Schicht 4 im Feuerraum 1 einzustellen.
Im Ergebnis der erwähnten Maßnahmen entsteht eine inhomogene Luftverteilung, die im Feuerraum 1 eine intensive innere Rezirkulation hervorruft, bzw. eine vollständige Verbrennung der aus der Schicht 4 ausgetragenen Materialien, wie brennbarer Staub und Gas, und den Aufenthalt in dem Feuerraum 1 für die erforderliche Zeitspanne fördert, unterstützt durch den Ausströmquerschnitt 17, bzw. die Platte 18 und die Aufschlagplatte 19. Die aus der fluidisierten Schicht 4 nach oben abgeführten Materialien prallen auf die Aufschlagplatte 19, die im Zusammenwirken mit dem verhältnismäßig engen Ausströmquerschnitt 17 die Materialien zur Rückkehr zwingen. Auf diese Weise erfolgt eine Rezirkulation, wobei die brennbaren Materialien vollständig verbrannt werden und sich der Prozeßablauf im Feuerraum 1 im Hinblick auf den Umweltschutz günstiger gestaltet. Darüber hinaus wirkt die Rezirkulation auch auf den Ausgleich der Gastemperaturen.
Durch die inhomogene Geschwindigkeitsverteilung in der fluidisierten Schicht 4 ist es möglich, neben dem Ausblasen des sich in der Schicht befindenden Staubes das Verhältnis der Wärmefreigabe über der Schicht 4 bzw. innerhalb der Schicht 4 zu modifizieren. Die im Feuerraum 1 frei gewordene Wärme wird in erster Linie an die Seitenwände der Feuerungsanlage abgegeben, da hier die üblicherweise ausgestalteten, nicht dargestellten Siederohre angeordnet sind. Es ist zweckmäßig, die fluidisierte Schicht 4 so zu speisen, daß in den Teilen 9 und 10 mit der verhältnismäßig niedrigeren Geschwindigkeit, der Koks von oben zugeführt und hier nachgebrannt wird. Im Mittelteil 8 mit der höheren Geschwindigkeit und darüber verbrennt der Brennstoff mit den flüchtigen Anteilen.
Der im Feuerraum 1 stattfindenden Rezirkulation folgend, gelangen die Brennprodukte – die bereits keine brennbaren Anteile mehr enthalten und die Forderungen des Umweltschutzes befriedigen – über den Ausströmquerschnitt 17 zum Abgasraum 2, wo weitere Wärmemengen abgegeben werden. Die Brennprodukte verlassen den Feuerraum 1 mit einer Richtungsänderung von 90° und unterliegen darauffolgend im Abgasraum 2 einer weiteren Richtungsänderung. Das bedeutet, daß die Strömungsrichtung der Brennprodukte außerhalb des Feuerraums 1 umgekehrt wird. Letztlich verlassen die Brennprodukte die Feuerungsanlage in Richtung des Pfeiles 20.
Fig. 3 und 4 stellen eine weitere mögliche Ausführung der erfindungsgemäßen Feuerungsanlage dar. Auch hier ist ein Feuerraum 1, ein sich daran anschließender Abgasraum 2 und die sich im Feuerraum 1 auf dem Luftverteiler 3 ausbildende fluidisierte Schicht 4 vorhanden, unter der die Luftkästen 5, 6, 7 mit den zuführenden Rohren angeordnet sind. Im Vergleich zu der vorherbeschriebenen Ausführung besteht der Unterschied darin, daß eine Aufschlagplatte 21 vorgesehen ist, die den Ausströmquerschnitt von drei Seiten her verengt. Ein weiterer Unterschied besteht darin, daß über der fluidisierten Schicht 4 beidseitig zwei Düsen 22 angeordnet sind, die Sekundärluft zuführen. Die Düsen 22 werden über eine Leitung 23 gespeist. Die die Sekundärluft zuführenden Düsen 22 sind an schrägen Flächen 24 befestigt, die jenen Teil des Feuerraums 1 bestimmen, der sich über der Schicht 4 erweitert. Die Düsen bilden mit der Vertikalen einen Spitzwinkel und sind zur Mitte des Feuerraums 1 hin orientiert.
Am Ausgang des Feuerraums 1 hinter dem Ausströmquerschnitt 17 ist ein Staubsammelraum 25 vorgesehen, der über einen Staubkanal 26 mit der fluidisierten Schicht kommuniziert.
Die in den Fig. 3 und 4 dargestellte Anlage arbeitet ähnlich wie jene nach Figuren 1 und 2. Die Aufschlagplatte 12 ist torartig ausgestaltet, wodurch die Rezirkulation der brennbaren Stoffe, des Gases und des Staubes im Feuerraum 1 gefördert wird. Die Rezirkulation wird auch durch die Zufuhr der Sekundärluft über die Düsen 22 begünstigt, da durch die eingeblasene Sekundärluft der mit hoher Geschwindigkeit strömende Gasstrahl in der fluidisierten Schicht 4, über dem Luftkasten 6 verengt wird und die erforderlichen Sauerstoffmengen zur Verbrennung der aus der Schicht 4 ausgeblasenen brennbaren Anteile besser gesichert werden können.
Ähnlich, wie bei der vorher beschriebenen Ausführung, werden die Brennprodukte über den Ausströmquerschnitt 17 abgeführt. Der in den ausgeblasenen Brennprodukten noch eventuell vorhandene Staub sammelt sich im Raum 25 an und wird über den Staubkanal 26 in die fluidisierte Schicht 4 rückgeführt, wo das Nachbrennen erfolgt. Zuletzt verlassen die Brennprodukte den Abgasraum 2 in Richtung des Pfeiles 20.
Bei der in Fig. 5 dargestellten Ausführung besteht der Unterschied hauptsächlich in der Gestaltung des Ausströmquerschnitts 17 und der Anordnung der Düsen 22. Der Ausströmquerschnitt wird von einer Aufschlagsplatte 27 bestimmt, die zwei „Tore" aufweist, d. h. der Strömungsquerschnitt 17 wird durch die Aufschlagsplatte 27 in zwei Teile unterteilt. Zu beiden Seiten des Feuerraumes 1 sind Düsen 22 untereinanderliegend angeordnet, so daß mit der Zuführung der Sekundärluft beidseitig die Rezirkulation erhöhende Geschwindigkeitsdifferenzen eingestellt werden können. Die Rezirkulation im Inneren des Feuerraums 1 ist durch die eingezeichneten Strömungslinien dargestellt. Die Anlage nach Fig. 5 arbeitet wie die in den vorher genannten

Beispielen, lediglich die Art und Weise der Rezirkulation ist unterschiedlich. Im Feuerraum 1 entstehen praktisch zwei Rezirkulationsströme an den begrenzenden Wänden des Feuerraums 1 und entlang der Siederohre, wo auch der Staub angereichert ist. Daraus resultiert, daß auch die Wärme auf abweichende Weise aus dem Feuerraum 1 abgegeben wird. Durch den angereicherten Staub erfolgt ein wirksamer Wärmeaustausch zwischen dem Gas-Staubgemisch und der Wand, der die Effekte – die die homogene Temperaturverteilung hervorrufen – ergänzt. Über die Düsen 22 für die Sekundärluft wird Sauerstoff in der erforderlichen Menge für die vollständige Verbrennung der sich über der fluidisierten Schicht 4 befindenden brennbaren Teile zugeführt. Die Brennprodukte verlassen den Feuerraum 1 über den Ausströmquerschnitt 17.
Die Ausführung nach Fig. 6 und 7 entspricht weitgehend den Beispielen nach Fig. 3 und 4. Bei dieser Ausführung wird der Ausströmquerschnitt durch eine Aufschlagplatte 28 bestimmt, auf der Vorsprünge 29 senkrecht angeordnet sind. Die Vorsprünge 29 besitzen die Form eines Zylinders und begrenzen die in der Aufschlagplatte 28 vorhandenen Bohrungen. Durch diese Gestaltung wird die im Feuerraum ablaufende Rezirkulation weiter erhöht, da der Austritt der Brennprodukte über den Ausströmquerschnitt auch durch die Vorsprünge 29 erschwert wird.
Ein besonderer Vorteil dieser Ausführung besteht in der hochgradigen Entstaubung, so daß die den Ausströmquerschnitt 17 verlassenden Brennprodukte nur eine geringe Menge an Staub enthalten. Ein großer Teil davon setzt sich im Staubsammelraum 25 ab, der – wie bereits erwähnt – über den Staubkanal 26 in die fluidisierte Schicht 4 rückgeführt wird. Bei der hier dargestellten Ausführung ragt der Vorsprung 29 in den Feuerraum 1 hinein. Der Vorsprung 29 kann aber auch in den Abgasraum 2 hineinragen.
Fig. 8 stellt eine weitere mögliche Ausführungsform der erfindungsgemäßen Feuerungsanlage dar, die insbesondere bei den sogenannten Turmkesseln vorteilhaft angewendet wird. Bei dieser Lösung verlaufen die den Feuerraum 1 und den Abgasraum 2 voneinander trennenden Aufschlagplatten 28 senkrecht bzw. parallel zur Höhenrichtung des Turmkessels und bestimmen ebenfalls den Ausströmquerschnitt 17 für die Brennprodukte. Die zur Höhenrichtung senkrechte bzw. horizontale Aufschlagplatte 28 ist mit zur Staubentleerung dienenden Öffnungen 30 versehen, durch die der über die Aufschlagplatte 28 befindliche Staub in die fluidisierte Schicht 4 zurückfallen kann. Die oben strömenden Brennprodukte prallen gegen die Aufschlagplatte 28 und werden dadurch an einem schnellen Ausgang in den Abgasraum 2 gehindert. Auf diese Weise entsteht eine Rezirkulation im Feuerraum 1 ohne eine Richtungsänderung der Brennprodukte in der Feuerungsanlage selbst. Die horizontale Aufschlagplatte 28 kann auch als Überhitzer oder als Membrane ausgestaltet werden.
Fig. 9 zeigt die Gestaltung der Düsen 22 und ihre Befestigung in der Fläche 24. Wie bereits erwähnt, sind diese, die Sekundärluft zuführenden Düsen 22 in den schrägen Flächen 24 des Feuerraums angeordnet und zur Mittellinie des Feuerraumes 1 orientiert. Der Ausgangsquerschnitt 31 ist gegenüber der Vertikalen übermäßig abgeschrägt. Das bedeutet, daß der höchste Punkt 32 des Ausgangsquerschnitts 31 näher an der Vertikalen, z. B. an der vertikalen Mittelebene des Feuerraumes 1 liegt, als der niedrigste Punkt 33 des Querschnitts 31. Durch eine derartige Gestaltung des Querschnitts der Düsen 22 wird verhindert, daß der im Feuerraum 1 vorhandene Staub in die Düsen 22 gelangt und sich dort absetzt. Die Düsen 22 stören die Rezirkulation im Feuerraum 1 nicht. Der aufgewirbelte Staub kann ungehindert in die fluidisierte Schicht 4 rückkehren.
Die erfindungsgemäße Lösung ermöglicht eine äußerst feine Regelung des Brennprozesses. Bei allen Ausführungsbeispielen kann sowohl die Fluidisationsgeschwindigkeit der fluidisierten Schicht 4 als auch die durch die Luftkästen 5, 6, 7 geblasene Luftmenge und damit die aus der Schicht 4 ausgeblasene Staubmenge, die Mengen an brennbarem Material und Gas, die Zufuhr der zum Verbrennen des aufgewirbelten Materials erforderliche Sauerstoffmenge, die Temperatur der Schicht 4 und die zum Brennen in der Schicht erforderliche Luftmenge auch geregelt werden. Durch die Anwendung der die Sekundärluft einspeisenden Düsen 22 können die Brennprozesse über der fluidisierten Schicht 4 im Feuerraum 1 genau eingestellt werden. Die für die Brennprozesse notwendige Sauerstoffmenge ist immer gesichert. Die im Feuerraum 1 ablaufende Rezirkulation kann mit höchster Wirksamkeit beeinflußt werden, wodurch eine optimale Aufenthaltsdauer im Feuerraum 1 gewährleistet ist. Diese Tatsache ist insbesondere dort von äußerster Wichtigkeit, wo Brennstoffe minderwertiger Qualität verbrannt werden oder Forderungen des Umweltschutzes einzuhalten sind.
Die unter Anwendung der erfindungsgemäßen Lösung durchgeführten Versuche haben überraschend gezeigt, daß der Brennprozeß in weiten Grenzen geregelt werden kann. Teilbelastungen können ohne etwaige Schwierigkeit bei Einsatz unterschiedlicher Brennstoffqualitäten eingestellt werden. Besonders günstig und überraschend ist die weitgehende Reduzierung der die Umwelt belastenden Verunreinigungen auch dann, wenn weniger günstige Brennstoffe als bei früherer Lösung eingesetzt werden.

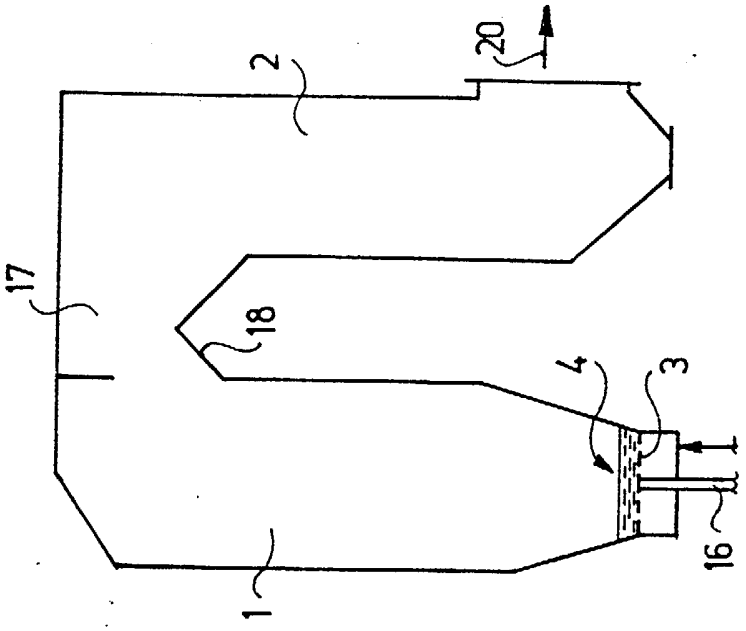

Fig.2

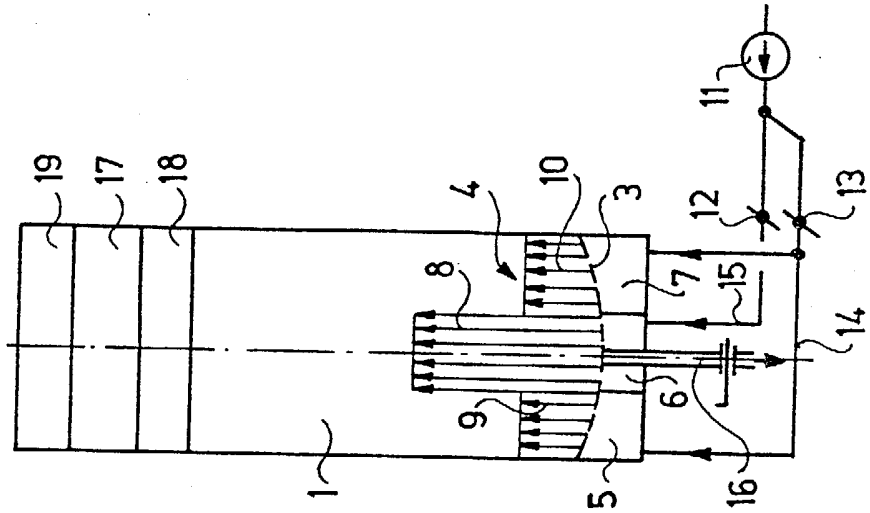

Fig.1

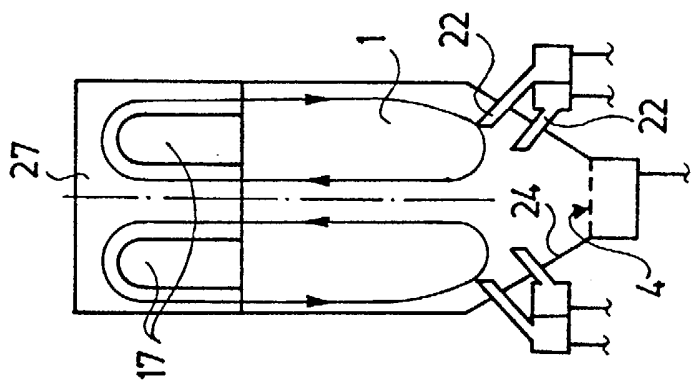

Fig.5

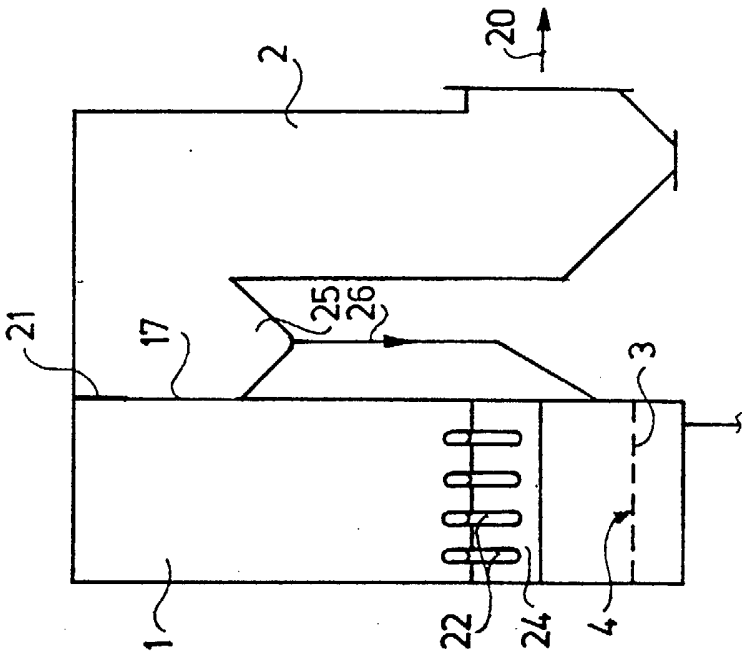

Fig.4

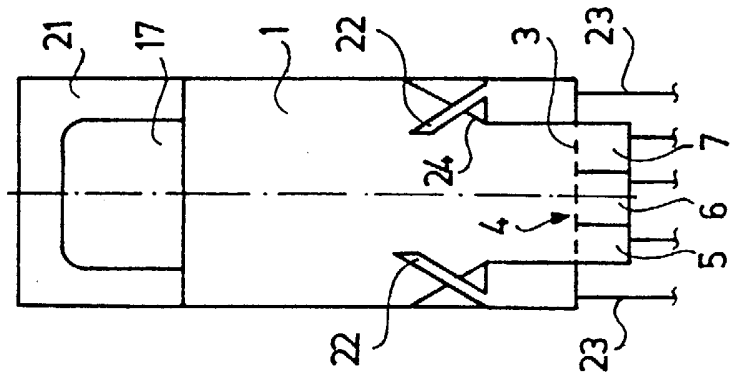

Fig.3

2 4 7 4 2

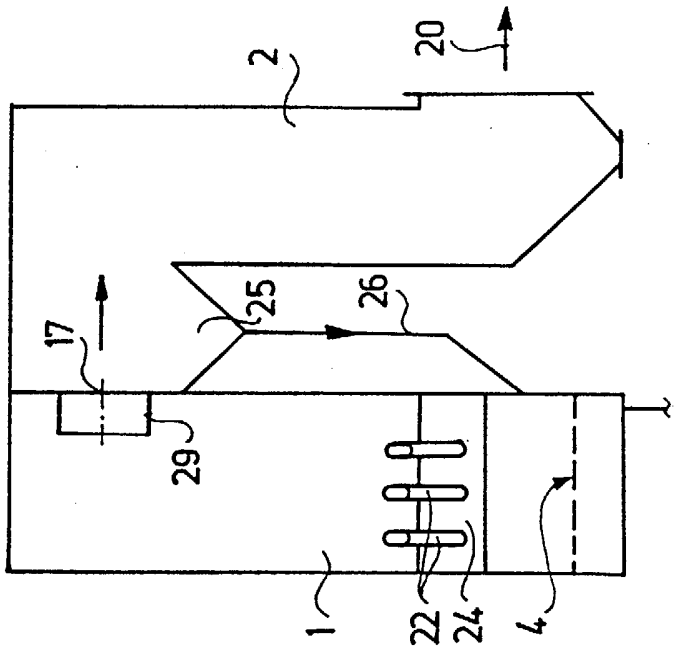

Fig.7

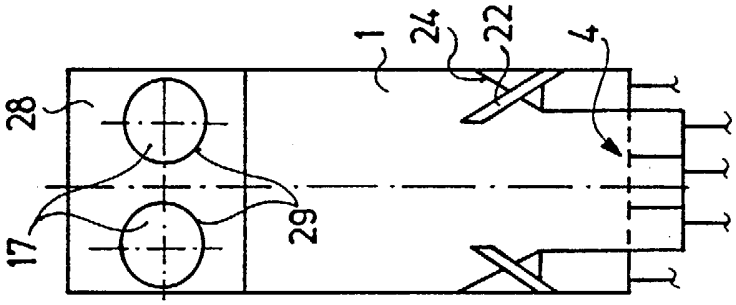

Fig.6

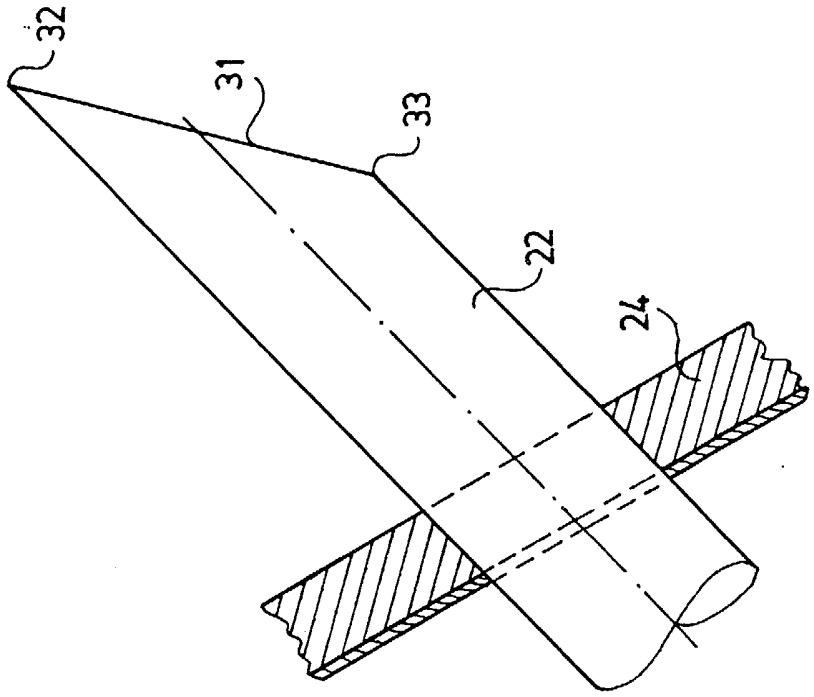

Fig.9

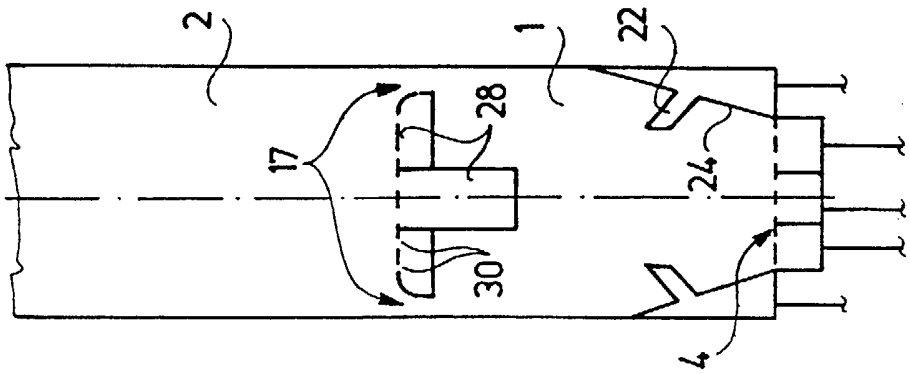

Fig.8