

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 690 263 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.01.1996 Patentblatt 1996/01

(51) Int Cl.⁶: F23C 6/04, F23C 9/00,
F23D 17/00

(21) Anmeldenummer: 95810376.4

(22) Anmeldetag: 08.06.1995

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB NL

(30) Priorität: 28.06.1994 DE 4422535

(71) Anmelder: ABB RESEARCH LTD.
CH-8050 Zürich 11 (CH)

(72) Erfinder:
• Jansohn, Peter, Dr.
D-79790 Küssaberg (DE)

• Marling, Tino-Martin
D-79777 Uhlingen-Birkendorf (DE)
• Sattelmayer, Thomas, Dr.
CH-5318 Mandach (CH)

(74) Vertreter: Klein, Ernest et al
CH-5401 Baden (CH)

(54) Verfahren zum Betrieb einer Feuerungsanlage

(57) Bei einer Feuerungsanlage, welche dazu ausgelegt ist, die Schadstoff-Emissionen sowohl beim Einsatz eines flüssigen als auch gasförmigen Brennstoffes zu minimieren, wird stromab einer ersten Verbrennungsstufe (1) kopfseitig einer zweiten nachgeschalteten Verbrennungsstufe (2) eine Ringkammer (12) angeordnet. Die erste Verbrennungsstufe (1) wird als Magerstufe mit einem Brenner (100) betrieben, während die zweite Verbrennungsstufe (2) als nahstöchiometrische Stufe betrieben wird. Die Wand der Ringkammer (12) weist eine Anzahl Öffnungen (13) für die Einströmung eines Gemisches (14) aus rückgeführtem Rauchgas (4) und Brennstoff (15) auf. Die Verbrennungsluft (115) für den Brenner (100) ist ebenfalls ein Gemisch (6) aus Luft (3) und rückgeführtem Rauchgas (4). Die Heissgase aus dieser ersten Verbrennungsstufe (1) werden vor Eintritt in die zweite Verbrennungsstufe (2) moderiert, wobei in dieser zweiten Verbrennungsstufe (2) ab Ringkammer (12) eine selbstzündende Verbrennung stattfindet.

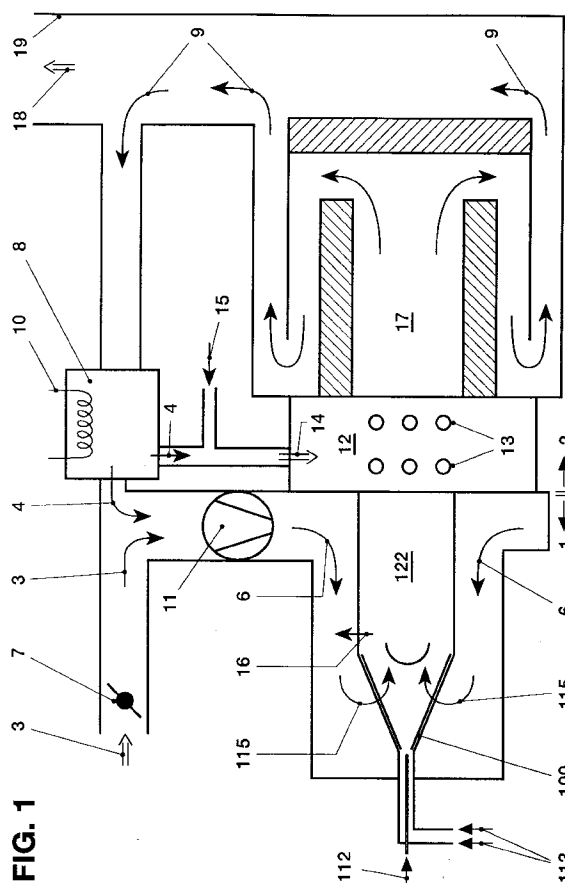


FIG. 1

CORRIGENDUM ausgegeben am 14.02.96

EP 0 690 263 A2

Beschreibung

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1. Sie betrifft auch eine Feuerungsanlage zur Durchführung des Verfahrens.

Stand der Technik

Bei Feuerungsanlagen in üblicher Bauweise wird der Brennstoff über eine Düse in einen Brennraum eingedüst und dort unter Zuführung einer Verbrennungsluft verbrannt. Grundsätzlich ist der Betrieb solcher Feuerungsanlagen mit einem gasförmigen und/oder flüssigen Brennstoff möglich. Beim Einsatz eines flüssigen Brennstoffes liegt die Schwachstelle hinsichtlich einer sauberen Verbrennung betreffend die NOx-, CO-, UHC-Emissionen (UHC = ungesättigte Kohlen-Wasser-Stoffe) vordergründig darin, dass die Zerstäubung des Brennstoffes einen hohen Vermischungsgrad (Vergasung) mit der Verbrennungsluft erreichen muss. Beim Einsatz eines gasförmigen Brennstoffes läuft deshalb die Verbrennung mit einer wesentlichen Verminderung der Schadstoff-Emissionen ab. Indessen, bei Feuerungsanlagen für Heizkessel haben sich aber gasbetriebene Brenner, trotz der vielen Vorteile, nicht so recht durchsetzen können. Der Grund hierfür mag darin liegen, dass die Logistik für gasförmige Brennstoffe eine an sich aufwendige Infrastruktur nötig macht. Wird deshalb der Betrieb von Feuerungsanlagen mit flüssigem Brennstoff erstellt, so ist die Qualität der Verbrennung bezüglich tiefer Schadstoff-Emissionen gewichtig davon abhängig, ob es gelingt, einen optimalen Vermischungsgrad zwischen Brennstoff und Verbrennungsluft zu erzielen, d.h., ob eine vollständige Vergasung des flüssigen Brennstoffes gewährleistet ist. Der Weg über eine Vormischstrecke, welche stromauf des eigentlichen Brennerkopfes wirkt, hat nicht zum Ziel geführt, denn bei einer solchen Konfiguration muss stets befürchtet werden, dass eine Rückzündung der Flamme ins Innere der Vormischzone stattfinden kann. Zwar ist es richtig, dass Vormischbrenner bekanntgeworden sind, welche mit 100% Luftüberschuss arbeiten, so dass die Flamme kurz vor dem Punkt des Löschens betrieben werden kann. Hier gilt aber zu bedenken, dass bei Feuerungsanlagen, wegen des Kesselwirkungsgrades, höchstens eine Ueberschussluft von 15% erlaubt ist, weshalb der Einsatz solcher Brenner in atmosphärischen Feuerungsanlagen keinen optimalen Betrieb gewährleisten. Des weitem, selbst wenn der notwendige Vergasungsgrad des flüssigen Brennstoffes annähernd erreicht werden könnte, so wäre auf die hohen Flammentemperaturen, welche bekanntlich für die Bildung der NOx-Emissionen verantwortlich sind, noch nicht eingewirkt worden. Die angestrebte Verbrennung bei niedrigen Flammentemperaturen sowie mit einem homogenen Brennstoff/Luft-Gemisch lässt sich mit dem aus dem Stand der Technik bekanntgewordenen

Möglichkeiten nicht erzielen.

Darstellung der Erfindung

5 Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Verfahren und einer Feuerungsanlage der eingangs genannten Art die Schadstoff-Emissionen, insbesondere was die
10 NOx-Emissionen betrifft, zu minimieren, dies sowohl beim Einsatz eines flüssigen Brennstoffes, eines gasförmigen Brennstoffes, als auch bei einem Mischbetrieb mit genannten Brennstoffen.

Die dabei zugrundeliegende Erfindungsidee unterscheidet sich von den klassischen Prinzipien dadurch, dass die Stufung ausschliesslich im Luftüberschussgebiet durch 2fache Brennstoffzugabe und mit rezirkuliertem Rauchgas durchgeführt wird. In der ersten Stufe wird die Verbrennungsluft über einen Wärmetauscher einem aerodynamisch stabilisierten Vormischbrenner zugeführt. Je nach Auslegung des Wärmetauschers kann die Verbrennungsluft bis auf ca. 400°C vorgeheizt werden, was bei der Verbrennung von Oel zu einer sehr guten Vorverdampfung führt. Das Verbrennungsluft-Verhältnis in dieser sogenannten Magerstufe liegt bei ca. 2,1, entsprechend ca. 11% Restsauerstoff, wodurch bei Flammentemperaturen von ca. 1300°C die NOx-Emissionen, im atmosphärischen Fall, unter 1 vppm liegen. Auf dem Weg zur zweiten Stufe wird dem Medium Wärme entzogen, so dass bei Eintritt in die zweite Stufe die Temperatur noch ca. 1000°C beträgt. Dort wird vorzugsweise über eine Ringkammer weiteres Brennstoff/Rauchgas-Gemisch axial versetzt eingedüst, bis ein Restsauerstoffgehalt von ca. 3% im Abgas erreicht ist. Das eingedüste Gemisch wird dabei durch die heissen Rauchgase aus der ersten Stufe gezündet. Der vollständige Ausbrand erfolgt anschliessend im Brennraum bei einer Temperatur von ca. 1400°C.

Der wesentliche Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass die Anordnung der Eindüsungsöffnungen des Brennstoff/Rauchgas-Gemisches einen zeitlichen Versatz der Zündung in der Brennkammer steuern und somit den Sauerstoffgehalt während des Ausbrandes beeinflussen, dergestalt, dass bei optimaler Trimmung des Systems die erwarteten NOx-Emissionen, bei vollständigem Ausbrand, zwischen 5-8 vppm liegen. Nach heutigem Kenntnisstand markiert dieser Wert den theoretisch unteren Grenzwert bei der nahstöchiometrischen Verbrennung fossiler Brennstoffe.

50 Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass der Verbrennungsluft der ersten Stufe kalorisch konditioniertes Rauchgas zugeführt werden kann, um einerseits die Vorheiztemperatur zu beeinflussen und andererseits den Restsauerstoff-Gehalt nach der zweiten Stufe bei Bedarf weiter herabsetzen zu können.

Vorteilhafte und zweckmässige Weiterbildungen der erfindungsgemässen Aufgabenlösung sind in den weiteren Ansprüchen gekennzeichnet.

Im folgenden wird anhand der Zeichnungen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. Alle für das unmittelbare Verständnis der Erfindung nicht erforderlichen Elemente sind fortgelassen. Die Strömungsrichtung der verschiedenen Medien ist mit Pfeilen angegeben. Gleiche Elemente sind in den verschiedenen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Es zeigt:

- Fig. 1 eine Kesselanlage für eine gestufte Verbrennung,
- Fig. 2 einen Vormischbrenner in der Ausführung als "Doppelkegelbrenner" in perspektivischer Darstellung, entsprechend aufgeschnitten und
- Fig. 3-5 entsprechende Schnitte durch verschiedene Ebenen des Vormischbrenners gemäss Fig. 2.

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwertbarkeit

Fig. 1 zeigt eine Kesselanlage, welche in eine Magerstufe 1 und eine nahstöchiometrische Stufe 2 unterteilt ist. Die Magerstufe 1 besteht im wesentlichen aus einem Vormischbrenner 100 mit einem nachgeschalteten Brennraum 122, in welchem eine Flammentemperatur von ca. 1300°C vorherrscht. Der Vormischbrenner 100 wird mit einem flüssigen 112 und/oder gasförmigen Brennstoff 113 betrieben. Die Verbrennungsluft 115 für den Vormischbrenner 100 ist ein Gemisch 6, das sich aus Frischluft 3 und aus rückgeführtem, kalorisch konditioniertem Rauchgas 4 zusammensetzt. Der Grad der Vermischung wird luftseitig durch eine steuerbare Drosselklappe 7 aufrechterhalten, wobei diese Luft 3 unkonditioniert, also bei Umgebungstemperatur anfällt. Das Rauchgas 4 stammt aus einem Rauchgasverteiler 8, der von den Rauchgasen 9 aus der nahstöchiometrischen Stufe 2 stammt. Diese Rauchgase 9 fallen mit einer Temperatur von ca. 300°C an, und sie werden im genannten Rauchgasverteiler 8 durch ein Wärmetauschsystem 10 auf ca. 260°C abgekühlt. Diese abgekühlten Rauchgase 4 und die Frischluft 3 werden stromauf des Vormischbrenners 100 vermischt und in einem dort wirkenden Verdichter 11 komprimiert, wobei die Temperatur dieses verdichteten Luft/Rauchgas-Gemisches ca. 260°C beträgt. Anschliessend wird dieses Gemisch 6 durch eine weitere von der Wand des Brennraumes 122 induzierte Wärmetauschung, die durch den Pfeil 16 versinnbildlicht wird, kalorisch weiter aufbereitet, dergestalt, dass die Verbrennungsluft 115 für den Vormischbrenner 100 mit ca. 400°C dort einströmt. Abströmungsseitig des Brennraumes 122 befindet sich eine Ringkammer 12, welche

bereits zur nahstöchiometrischen Stufe 2 gehört. In diese Ringkammer 12 strömen die leicht abgekühlten Heissgase aus der Magerstufe 1, welche mit Verbrennungsluft 115 bei ca. 11% O₂ betrieben wird, wodurch bei einer Flammentemperatur von ca. 1300°C die NO_x-Emissionen im atmosphärischen Fall unter 1 vppm liegen. Des weiteren ist diese Ringkammer 12 mit einer Anzahl von Eindüsungslöchern 13 perforiert, durch welche ein Brennstoff/Rauchgas-Gemisch 14 einströmt. Dieses Gemisch 14 setzt sich aus einem Anteil Rauchgas 4 aus dem Rauchgasverteiler 8 und aus einem weiteren Anteil Brennstoff 15, der vorzugsweise ein gasförmiger Brennstoff ist. Auf dem Weg zur nahstöchiometrischen Stufe 2 wird den in der Magerstufe 1 bereitgestellten Heissgasen durch die bereits genannte Wärmetauschung 16 Wärme entzogen, so dass beim Eintritt in die Ringkammer 12 noch eine Temperatur von ca. 1000°C vorherrscht. Das durch axiale Versetzung in die Ringkammer 12 eingedüste Brennstoff/Rauchgas-Gemisch 14 vermindert den Restsauerstoffgehalt der konditionierten Heissgase aus der Magerstufe 1 bis auf ca. 3%. Des weiteren, das in die Ringkammer 12 eingedüste Gemisch 14 erfährt durch die Heissgase von ca. 1000°C eine Selbstzündung, wobei der vollständige Ausbrand anschliessend im Kesselfeuerraum 17 bei einer Temperatur von ca. 1400°C stattfindet. Nach Verlassen des Kesselfeuerraumes 17 weisen die Rauchgase 9 noch eine Temperatur von ca. 300°C auf, wobei ein Teil davon, wie bereits oben erläutert, in den Rauchgasverteiler 8 eingeleitet werden. Die nicht abgezweigten Rauchgase 18 werden über einen Kamin 19 bei tiefster Temperatur ins Freie abgeblasen. Bei optimaler Regelung der verschiedenen Medien, welche einen vollständigen Ausbrand innerhalb der nahstöchiometrischen Stufe 2 induzieren, liegen die erwarteten NO_x-Emissionen zwischen 5-8 vppm, was nach heutigem Kenntnisstand eine untere Grenze bei der nahstöchiometrischen Verbrennung fossiler Brennstoffe darstellt.

Um den Aufbau des Vormischbrenners 100 besser zu verstehen, ist es von Vorteil, wenn gleichzeitig zu Fig. 2 die einzelnen Schnitte nach den Figuren 3-5 herangezogen werden. Des weiteren, um Fig. 2 nicht unnötig unübersichtlich zu gestalten, sind in ihr die nach den Figuren 3-5 schematisch gezeigten Leitbleche 121a, 121b nur andeutungsweise aufgenommen worden.

Im folgenden wird bei der Beschreibung von Fig. 2 nach Bedarf auf die restlichen Figuren 3-5 hingewiesen.

Der Vormischbrenner 100 nach Fig. 2 besteht aus zwei hohlen kegelförmigen Teilkörpern 101, 102, die versetzt zueinander ineinandergeschachtelt sind. Die Versetzung der jeweiligen Mittelachse oder Längssymmetrieachse 201b, 202b der kegeligen Teilkörper 101, 102 zueinander schafft auf beiden Seiten, in spiegelbildlicher Anordnung, jeweils einen tangentialen Lufteintrittsschlitz 119, 120 frei (Fig. 3-5), durch welche die Verbrennungsluft 115 in Innenraum des Vormischbrenners 100, d.h. in den Kegelhohlraum 114 strömt. Die Kegelform der gezeigten Teilkörper 101, 102 in Strömungsrichtung weist

einen bestimmten festen Winkel auf. Selbstverständlich, je nach Betriebseinsatz, können die Teilkörper 101, 102 in Strömungsrichtung eine zunehmende oder abnehmende Kegelneigung aufweisen, ähnlich einer Trompete resp. Tulp. Die beiden letztgenannten Formen sind zeichnerisch nicht erfasst, da sie für den Fachmann ohne weiteres nachempfindbar sind. Die beiden kegeligen Teilkörper 101, 102 weisen je einen zylindrischen Anfangsteil 101a, 102a, die ebenfalls, analog den kegeligen Teilkörpern 101, 102, versetzt zueinander verlaufen, so dass die tangentialen Lufteintrittsschlitze 119, 120 über die ganze Länge des Vormischbrenners 100 vorhanden sind. Im Bereich des zylindrischen Anfangsteils ist eine Düse 103 untergebracht, deren Eindüsung 104 in etwa mit dem engsten Querschnitt des durch die kegeligen Teilkörper 101, 102 gebildeten Kegelhohlraum 114 zusammenfällt. Die Eindüsenkapazität und die Art dieser Düse 103 richtet sich nach den vorgegebenen Parametern des jeweiligen Vormischbrenners 100. Selbstverständlich kann der Vormischbrenner rein kegelig, also ohne zylindrische Anfangsteile 101a, 102a, ausgeführt sein. Die kegeligen Teilkörper 101, 102 weisen des weiteren je eine Brennstoffleitung 108, 109 auf, welche entlang der tangentialen Eintrittsschlitze 119, 120 angeordnet und mit Eindüsungsöffnungen 117 versehen sind, durch welche vorzugsweise ein gasförmiger Brennstoff 113 in die dort durchströmende Verbrennungsluft 115 eingedüst wird, wie dies die Pfeile 116 versinnbildlichen wollen. Diese Brennstoffleitungen 108, 109 sind vorzugsweise spätestens am Ende der tangentialen Einströmung, vor Eintritt in den Kegelhohlraum 114, plaziert, dies um eine optimale Luft/Brennstoff-Mischung zu erhalten. Brennraumseitig 122 geht die Ausgangsöffnung des Vormischbrenners 100 in eine Frontwand 110 über, in welcher eine Anzahl Bohrungen 110a vorhanden sind. Die letztgenannten treten bei Bedarf in Funktion, und sorgen dafür, dass Verdünnungsluft oder Kühlluft 110b dem vorderen Teil des Brennraumes 122 zugeführt wird. Darüber hinaus sorgt diese Luftzuführung für eine Flammenstabilisierung am Ausgang des Vormischbrenners 100. Diese Flammenstabilisierung wird dann wichtig, wenn es darum geht, die Kompaktheit der Flamme infolge einer radialen Verflachung zu stützen. Bei dem durch die Düse 103 herangeführten Brennstoff handelt es sich um einen flüssigen Brennstoff 112, der allenfalls mit einem rückgeführten Abgas angereichert sein kann. Dieser Brennstoff 112 wird unter einem spitzen Winkel in den Kegelhohlraum 114 eingedüst. Aus der Düse 103 bildet sich sonach ein kegeliges Brennstoffprofil 105, das von der tangential einströmenden rotierenden Verbrennungsluft 115 umschlossen wird. In axialer Richtung wird die Konzentration des Brennstoffes 112 fortlaufend durch die einströmenden Verbrennungsluft 115 zu einer optimalen Vermischung abgebaut. Wird der Vormischbrenner 100 mit einem gasförmigen Brennstoff 113 betrieben, so geschieht dies vorzugsweise über Öffnungsdüsen 117, wobei die Bildung dieses Brennstoff/Luft-Gemisches direkt am Ende der Lufteintritts-

schlitze 119, 120 zustande kommt. Bei der Eindüsung des Brennstoffes 112 über die Düse 103 wird im Bereich des Wirbelaufplatzens, also im Bereich der Rückströmzone 106 am Ende des Vormischbrenners 100, die optimale, homogene Brennstoffkonzentration über den Querschnitt erreicht. Die Zündung erfolgt an der Spitze der Rückströmzone 106. Erst an dieser Stelle kann eine stabile Flammenfront 107 entstehen. Ein Rückschlag der Flamme ins Innere des Vormischbrenners 100, wie dies bei bekannten Vormischstrecken latent der Fall ist, wogegen dort mit komplizierten Flammenhaltern Abhilfe gesucht wird, ist hier nicht zu befürchten. Ist die Verbrennungsluft 115 zusätzlich vorgeheizt oder mit einem rückgeführten Abgas angereichert, so unterstützt dies die Verdampfung des flüssigen Brennstoffes 112 nachhaltig, bevor die Verbrennungszone erreicht wird. Die gleichen Überlegungen gelten auch, wenn über die Leitungen 108, 109 statt gasförmige flüssige Brennstoffe zugeführt werden. Bei der Gestaltung der kegeligen Teilkörper 101, 102 hinsichtlich Kegelwinkel und Breite der tangentialen Lufteintrittsschlitze 119, 120 sind enge Grenzen einzuhalten, damit sich das gewünschte Strömungsfeld der Verbrennungsluft 115 mit der Strömungszone 106 am Ausgang des Vormischbrenners 100 einstellen kann. Allgemein ist zu sagen, dass eine Verkleinerung des Querschnittes der tangentialen Lufteintrittsschlitze 119, 120 die Rückströmzone 106 weiter stromaufwärts verschiebt, wodurch dann allerdings das Gemisch früher zur Zündung kommt. Immerhin ist festzustellen, dass die einmal fixierte Rückströmzone 106 an sich positionsstabil ist, denn die Drallzahl nimmt in Strömungsrichtung im Bereich der Kegelform des Vormischbrenners 100 zu. Die Axialgeschwindigkeit innerhalb des Vormischbrenners 100 lässt sich durch eine entsprechende nicht gezeigte Zuführung eines axialen Verbrennungsluftstromes verändern. Die Konstruktion des Vormischbrenners 100 eignet sich des weiteren vorzüglich, die Grösse der tangentialen Lufteintrittsschlitze 119, 120 zu verändern, womit ohne Veränderung der Baulänge des Vormischbrenners 100 eine relativ grosse betriebliche Bandbreite erfasst werden kann.

Aus Fig. 3-5 geht nunmehr die geometrische Konfiguration der Leitbleche 121a, 121b hervor. Sie haben Strömungseinleitungsfunktion, wobei diese, entsprechend ihrer Länge, das jeweilige Ende der kegeligen Teilkörper 101, 102 in Anströmungsrichtung gegenüber der Verbrennungsluft 115 verlängern. Die Kanalisierung der Verbrennungsluft 115 in den Kegelhohlraum 114 kann durch Öffnen bzw. Schliessen der Leitbleche 121a, 121b um einen im Bereich des Eintritts dieses Kanals in den Kegelhohlraum 114 plazierten Drehpunkt 123 optimiert werden, insbesondere ist dies vonnöten, wenn die ursprüngliche Spaltgrösse der tangentialen Lufteintrittsschlitze 119, 120 verändert wird. Selbstverständlich können diese dynamische Vorkehrungen auch statisch vorgesehen werden, indem bedarfsmässige Leitbleche einen festen Bestandteil mit den kegeligen Teilkörpern 101, 102 bilden. Ebenfalls kann der Vormischbrenner

100 auch ohne Leitbleche betrieben werden, oder es können andere Hilfsmittel hierfür vorgesehen werden.

Bezugszeichenliste

1	Erste Verbrennungsstufe, Magerstufe
2	Zweite Verbrennungsstufe, nahstöchiometrische Stufe
3	Luft
4	Rauchgas konditioniert
6	Luft/Rauchgas-Gemisch
7	Drosselklappe
8	Rauchgasverteiler
9	Rauchgase aus Stufe 2
10	Wärmetauscher
11	Verdichter
12	Ringkammer
13	Eindüslöcher
14	Brennstoff/Rauchgas-Gemisch
15	Brennstoff
16	Wärmetauscher
17	Kesselfeuerraum
18	Rauchgase Kamin
19	Kamin
100	Brenner
101, 102	Teilkörper
101a, 102a	Zylindrische Angangsteile
101b, 102b	Längssymmetrieachsen
103	Brennstoffdüse
104	Brennstoffeindüslung
105	Brennstoffeindüslungsprofil
106	Rückströmzone (Vortex Breakdown)

107	Flammenfront
108, 109	Brennstoffleitungen
110	Frontwand
110a	Luftbohrungen
110b	Kühlluft
112	Flüssiger Brennstoff
113	Gasförmiger Brennstoff
114	Kegelhohlraum
115	Verbrennungsluft
116	Brennstoff-Eindüslung
117	Brennstoffdüsen
119, 120	Tangentiale Lufteintrittsschlitze
121a, 121b	Leitbleche
122	Brennraum
123	Drehpunkt der Leitbleche

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Feuerungsanlage, welche im wesentlichen aus einer ersten mit einem Brenner betreibbaren Verbrennungsstufe und einer dieser nachgeschalteten zweiten Verbrennungsstufe besteht, dadurch gekennzeichnet, dass als Verbrennungsluft (115) für die erste Verbrennungsstufe (1) ein Gemisch (6) aus Luft (3) und rückgeführtem Rauchgas (4) in den Brenner (100) einströmt, dass die Heissgase aus dieser ersten Verbrennungsstufe (1) vor Eintritt in die zweite Verbrennungsstufe (2) kalorisch moderiert werden, dass kopfseitig der zweiten Verbrennungsstufe (2) in die Heissgase ein Gemisch (14) aus Brennstoff (15) und rückgeführtem Rauchgas (4) eingegeben wird, und dass die Verbrennung in dieser zweiten Verbrennungsstufe (2) durch Selbstzündung ausgelöst wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die rückgeführten Rauchgase (4) für die erste und zweite Verbrennungsstufe (1, 2) vor deren Zumischung mit einem anderen Medium (3, 15) kalorisch moderiert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Verbrennungsstufe (1) als

Magerstufe mit einem Sauerstoffgehalt von 9-13% betrieben wird, und dass die zweite Verbrennungsstufe (2) als nahstöchiometrische Stufe mit einem Sauerstoffgehalt von 2-4% betrieben wird.

5

4. Feuerungsanlage zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, wobei die Feuerungsanlage im wesentlichen aus einer ersten mit einem Brenner betreibbaren Verbrennungsstufe und einer nachgeschalteten zweiten Verbrennungsstufe besteht, dadurch gekennzeichnet, dass stromab der ersten Verbrennungsstufe (1) kopfseitig der zweiten Verbrennungsstufe (2) eine Ringkammer (12) angeordnet ist, dass die Wand der Ringkammer (12) Öffnungen (13) für die Eindüsung eines Gemisches (14) aus rückgeführtem Rauchgas (4) und Brennstoff (15) aufweist, und dass der Brenner (100) mit einer verdichteten Verbrennungsluft (115) betreibbar ist. 10 15
5. Feuerungsanlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner (100) aus mindestens zwei hohlen, kegelförmigen, in Strömungsrichtung ineinandergeschachtelten Teilkörpern (101, 102) besteht, deren jeweilige Längssymmetrieachsen (101b, 102b) gegeneinander versetzt verlaufen, dass die benachbarten Wandungen der Teilkörper (101, 102) in deren Längserstreckung tangentiale Kanäle (119, 120) für einen Verbrennungsluftstrom (115) bilden, dass im von den Teilkörpern (101, 102) gebildeten Kegelhohlraum (114) mindestens eine Brennstoffdüse (103) vorhanden ist. 20 25 30
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der tangentialen Kanäle (119, 120) in deren Längserstreckung weitere Brennstoffdüsen (117) angeordnet sind. 35
7. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Teilkörper (101, 102) in Strömungsrichtung unter einem festen Winkel kegelig erweitern. 40
8. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilkörper (101, 102) in Strömungsrichtung eine zunehmende Kegelneigung aufweisen. 45
9. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilkörper (101, 102) in Strömungsrichtung eine abnehmende Kegelneigung aufweisen. 50

55

FIG. 1

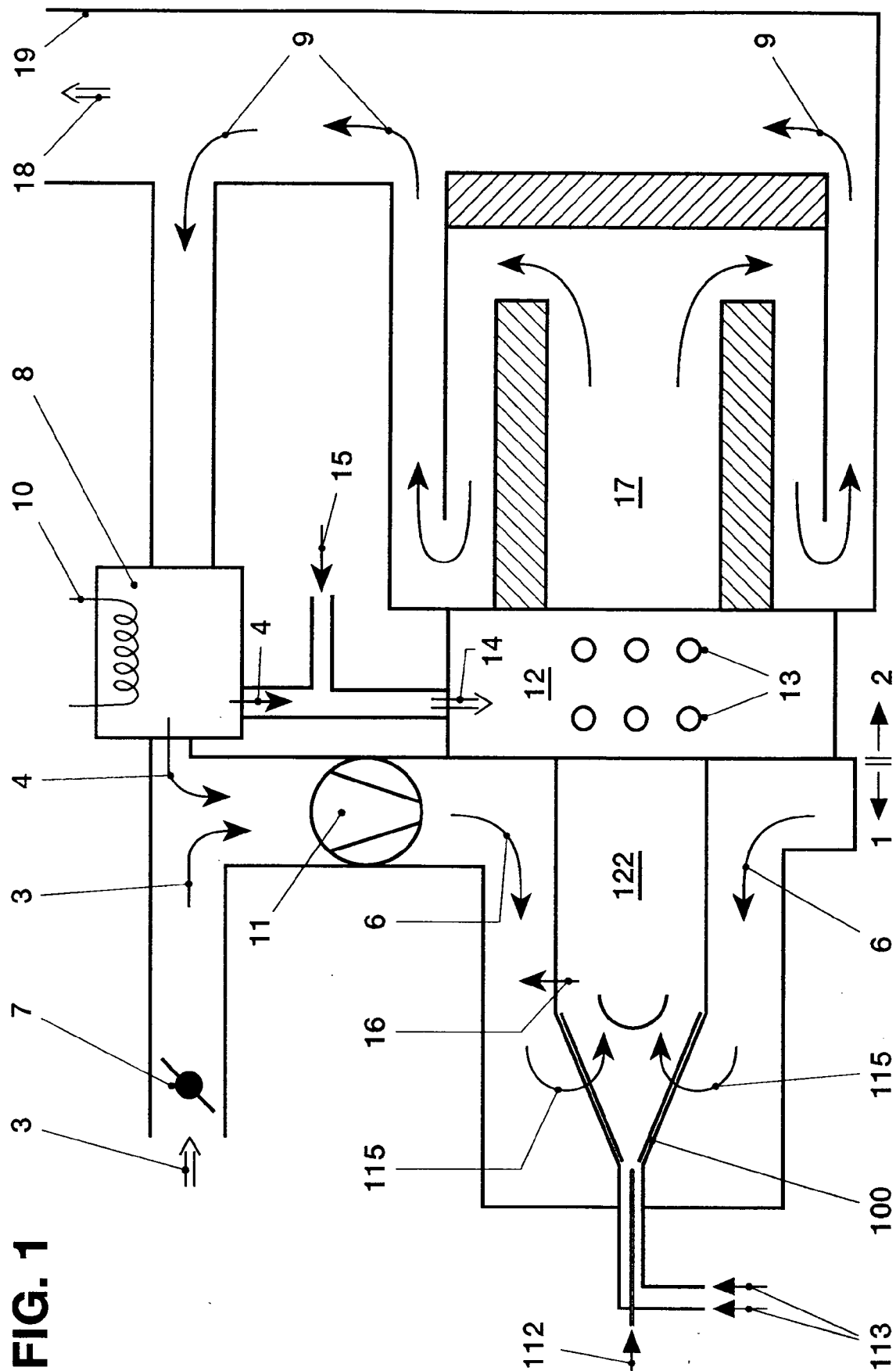


FIG. 2

