

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 510 783 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **92250087.1**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **F23C 9/00, F23C 7/00**

(22) Anmeldetag: **16.04.92**

(30) Priorität: **20.04.91 DE 4113412**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**28.10.92 Patentblatt 92/44**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL PT  
SE**

(71) Anmelder: **Saacke GmbH & Co. KG**  
**Südweststr. 13**  
**W-2800 Bremen 21(DE)**

(72) Erfinder: **Scholz, Reinhard, Prof. Dr. Ing.**  
**Im Oberfeld 33**  
**W-3392 Clausthal-Zellerfeld/Buntenbock(DE)**  
Erfinder: **Schopf, Norbert, Dr.-Ing.**  
**Allonnesstrasse 32**  
**W-2870 Delmenhorst(DE)**

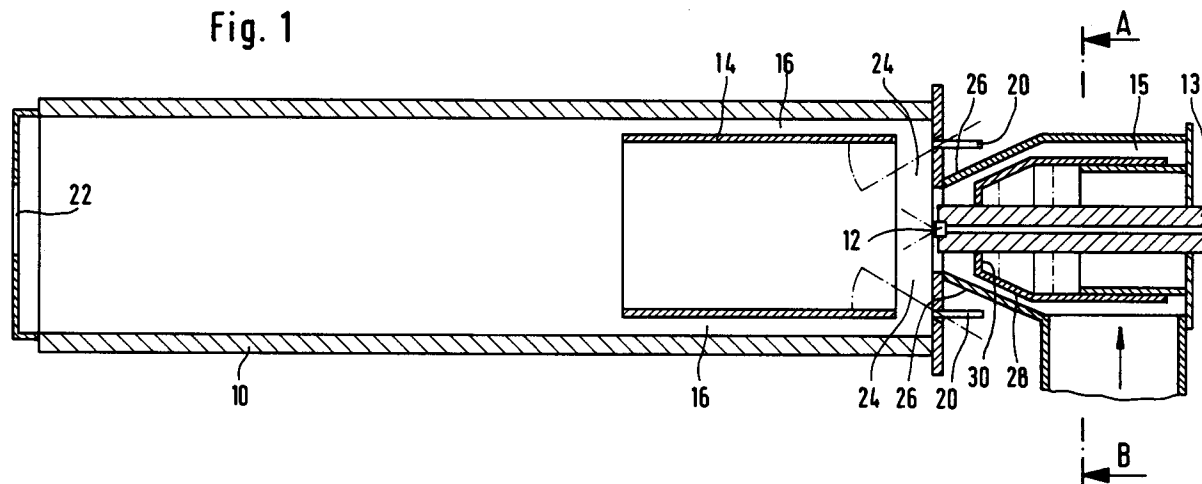
(74) Vertreter: **Winkler, Andreas, Dr.**  
**FORRESTER & BOEHMERT**  
**Franz-Joseph-Strasse 38**  
**W-8000 München 40(DE)**

(54) **Vorrichtung zur Verbrennung von fließfähigen oder gasförmigen Brennstoffen.**

(57) Vorrichtung zur Verbrennung von fließfähigen und gasförmigen Brennstoffen mit einer in einem Brennerrohr (10), angeordneten Brennerdüse (12), einer Einrichtung (13) zur Zufuhr des Brennstoffes zur Brennerdüse (12), einer Einrichtung (15) zur Zufuhr der Verbrennungsluft in das Brennerrohr (10), die im wesentlichen um die Einrichtung (13) zur Zufuhr des Brennstoffes herum angeordnet ist, einem Einsatz (14) zur Rückführung von Verbrennungsprodukten in die Verbrennungszone, der am

brennerseitigen Ende in das Brennerrohr (10) eingesetzt ist, wobei die Rückführung der Verbrennungsprodukte im wesentlichen in einem Zwischenraum (16) zwischen dem Einsatz (14) und dem Brennerrohr (10) erfolgt, und einer Einrichtung (18) zur tangentialen Einleitung von Luft in die Verbrennungsluft-Zuführung (15), um zumindest innerhalb des Einsatzes (14) eine überkritische Drallströmung zu erzeugen.

Fig. 1



EP 0 510 783 A2

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Verbrennung von fließfähigen oder gasförmigen Brennstoffen, mit einer in einem Brennerrohr angeordneten Brennerdüse, einer Einrichtung zur Zufuhr des Brennstoffes zur Brennerdüse, einer Einrichtung zur Zufuhr von Verbrennungsluft in das Brennerrohr, die im wesentlichen um die Einrichtung zur Zufuhr des Brennstoffes herum angeordnet ist, und einem Einsatz zur Rückführung von Verbrennungsprodukten in die Verbrennungszone, der am brennerseitigen Ende in das Brennerrohr eingesetzt ist, wobei die Rückführung der Verbrennungsprodukte im wesentlichen in einem Zwischenraum zwischen dem Einsatz und dem Brennerrohr erfolgt.

Feuerungsanlagen mit Einrichtungen zur Rückführung von Verbrennungsprodukten und/oder Abgasen dienen dem Zweck, eine möglichst vollständige Verbrennung zu erzielen. Damit soll der in dem Brennstoff enthaltene Energiegehalt möglichst vollständig umgesetzt werden. Ein weiteres Ziel ist es, den  $\text{NO}_x$ -Ausstoß zu reduzieren, indem die Temperatur der Flamme herabgesetzt wird.  $\text{NO}_x$  entsteht entweder aus gebundenem Stickstoff, aus z.B. schwerem Heizöl, oder aus dem freien Stickstoff der zur Verbrennung benutzten Umgebungsluft, in der er zu etwa 78 % enthalten ist. Bei der Verbrennung wird Stickstoff zu  $\text{NO}$  oxidiert, wenn man ihn Temperaturen über ca.  $1400^\circ\text{C}$  aussetzt. Derartige Temperaturen entstehen in Gas- und Ölbrennerflammen üblicherweise, wenn man keine Maßnahmen zur Temperaturreduzierung trifft.

Ein weiteres Problem ist, daß Flammen ungleichmäßig heiß sind, daß also Bereiche größerer Temperatur (Temperaturspitzen) in "normalen" Bereichen der Flamme eingebettet sind. Je länger der Stickstoff in solchen Temperaturspitzen verbleibt, um so mehr wird selbstverständlich in  $\text{NO}$  umgewandelt. Die entsprechenden Zusammenhänge sind bereits seit längerer Zeit bekannt.

Man versucht ebenfalls bereits seit längerem die thermische  $\text{NO}_x$ -Bildung aus dem Luftstickstoff durch Abgasrückführung mit entsprechender Temperaturabsenkung zu vermindern. Bei einer solchen Rezirkulation wirken die Verbrennungsgase als Inertgase, die dadurch, daß in ihnen kein Sauerstoff vorhanden ist, allein schon eine Verminderung der Temperatur mit sich bringen. Wenn diese Gase zusätzlich noch eine verminderte Temperatur haben, ist dies ein erwünschter Nebeneffekt.

In der EP-A-0 386 732 wird bereits eine Verbrennungseinrichtung für einen Zweistoffbrenner mit einer internen Rezirkulation beschrieben. Die dortige Einrichtung hat jedoch eine Düsenplatte auf der eine Vielzahl von Düsen angeordnet ist, die durch ein Rohr unterschiedlich in ihrer Luftströmung kanalisiert werden, bevor sie in einem Flammrohr vermischt werden. Die dort beschriebene Vorrichtung weist eine sehr komplizierte Kon-

struktion auf, die anscheinend nötig ist, um in der Konstruktion mit zwei Rohren eine genügend stabile Rezirkulation zu erreichen.

Nachteilig bei einer derartigen Einrichtung ist jedenfalls, daß bei der Vielzahl von Düsen die Wartung sehr kompliziert ist und verteuert wird, und auch schon geringe Störungen große Nachteile im Betrieb mit sich bringen können.

Eine weitere Feuerungsanlage zum Reduzieren der Stickoxidbildung beim Verbrennen fossiler Werkstoffe wird in der EP-A-2038 4277 beschrieben, wobei dieses Verfahren ausdrücklich darauf abzielt, die Flamme von "kühlen" Rauchgasen zu umschließen und zu kühlen. Eine Verwirbelung ist nicht vorgesehen und kann bei der dort vorgeschlagenen konstruktiven Ausbildung einer Feuerungsanlage auch nicht in genügendem Maße erfolgen. Damit wird der Effekt der Beimengung von Inertgasen bei der Verbrennung zur Reduzierung der  $\text{NO}_x$ -Bildung nicht genutzt und die Anlage muß suboptimal bleiben.

Ein weiterer Heizkessel für die Verbrennung flüssiger und gasförmiger Brennstoffe wird in der DE-OS 36 28 293 vorgeschlagen, in der bereits ein Injektorkanal beschrieben ist, der die Flamme umgibt und eine Zirkulation außerhalb dieses erlaubt. Die dortige Konstruktion sieht jedoch eine Zwangsrückführung des Rauchgases zwischen dem Injektorkanal und einer Zarge mit einem angeschweißten Boden, die entgegengesetzt um den Injektorkanal gestülpt ist, vor. Eine derartige Konstruktion scheint nötig zu sein, um überhaupt eine genügende Rückführung von Verbrennungsgasen zu erreichen, jedoch wird durch diese Konstruktion keineswegs eine Durchmischung der Rauchgase mit den zu verbrennenden Gasen vor dem Brenner erreicht, es wird allenfalls eine randseitige Kühlung stattfinden. Durch die diversen Umlenkungen des Rauchgases findet weiter eine erhebliche Stauwirkung der Abgase statt, die der Verbrennung und der Aufrechterhaltung einer stabilen Flamme nicht zuträglich ist.

Eine Einrichtung für Ölbrenner bei der eine Rezirkulation mit guter Vermischung der zu verbrennenden Gase mit den Rauchgasen stattfindet, wird in der DE-OS 40 08 692 beschrieben, in der jedoch eine Stauscheibe mit einem Gebläse zusammen die Durchmischung bewirkt.

Eine derartige Ausführung ist einmal technisch sehr aufwendig, andererseits ist durch das vorhandene Gebläse ein erhöhter Wartungsbedarf vorhanden und es wird auch in dieser Druckschrift nur darauf abgestellt, mit kühleren Verbrennungsgasen den Randbereich der Flamme zu kühlen. Eine derartige Vorrichtung kann also der  $\text{NO}_x$ -Reduktion nur beschränkt und unter sehr großem Aufwand genügen.

Eine weitere Vorrichtung zum Verbrennen flüs-

siger oder gasförmiger Brennstoffe, bei der eine Verwirbelung beim Brennen stattfindet, ist in der EP-A-2 0 404 731 beschrieben, in der eine torusförmige Brennzona durch intensive Verwirbelung und entsprechender Leitmittel erreicht wird. Es wird jedoch keine interne Rezirkulation der Verbrennungsgase vorgeschlagen, so daß dieses Mittel der  $\text{NO}_x$ -Reduktion ungenutzt bleibt, und die Vorrichtung daher in ihrem Wirkungsgrad zu wünschen übrig läßt.

Schließlich ist noch die DE-OS 39 23 238 zu nennen, in der eine Einrichtung zum Rückführen von Verbrennungsprodukten beschrieben wird, in der eine Durchmischung des Luft-Brennstoff-Rauchgasgemisches bereits vor der Verbrennungszone vorgenommen wird, in der weiter eine Einrichtung zur Zufuhr der Verbrennungsluft, die um die Brennerdüse herum angeordnet ist, vorgesehen ist und die mit einer Einrichtung zur Rückführung der Verbrennungsprodukte in die Verbrennungszone ausgestattet ist. Weiterhin befinden sich an der Innenseite des Brennerrohres Düsen zur Einbringung eines Teiles der Verbrennungsluft, die dazu dienen, einen Niederdruck hinter diesen Düsen zu erzeugen. Die dortige Vorrichtung hat jedoch noch nicht die Möglichkeiten der internen Rezirkulation mit einfachen konstruktiven Merkmalen erschlossen, so daß die dort beschriebene Vorrichtung noch einen erheblichen konstruktiven Aufwand treibt, und andererseits durch die dort verwirklichte relativ weiträumige Abgasrückführung unnötige Verluste erleidet.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, die Verbrennung eines fließfähigen und/oder gasförmigen Brennstoffes möglichst vollständig unter Bildung von möglichst wenig  $\text{NO}_x$  durch optimale Vermischung, jeweils optimale Mischungsverhältnisse und eine optimale Verweilzeit der Verbrennungsgase in der Flamme mit möglichst einfachen konstruktiven Mitteln zu erreichen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einer gattungsgemäßen Feuerungsanlage dadurch gelöst, daß eine Einrichtung zur tangentialen Einleitung von Luft in die Verbrennungsluft-Zuführung vorgesehen ist, um zumindest innerhalb des Einsatzes eine überkritische Drallströmung zu erzeugen.

Hierdurch wird es ermöglicht, die Verbrennungsprodukte, insbesondere die Abgase mit einem geringen Sauerstoffgehalt, in das zu verbrennende Medium, z.B. den Ölnebel, der bereits in der Verbrennungsluft verteilt ist, effektiv einzumischen. Da dabei sehr hohe Viskositätsunterschiede zwischen den heißen und den kalten Gasen bestehen, ist diese Vermischung keineswegs ohne weiteres möglich, sondern stößt auf große Schwierigkeiten. Die sehr starke Verdrallung der Verbrennungsluft führt aber dazu, daß die seitlich über einen großen

Umfang zugeführten Verbrennungsgase sehr gut eingemischt werden. Dies geschieht vor der Flamme, die innerhalb des Einsatzes brennt. Durch die sehr kurzen Wege in Verbindung mit der guten Durchmischung, die Temperaturspitzen nicht entstehen läßt, wird es ermöglicht, daß man die Temperatur der eingemischten Verbrennungsprodukte nicht stark erniedrigen muß. Damit kann alle Wärme an einem Punkt entnommen werden, und es müssen keine Einrichtungen zur Kühlung der Rauchgase vorgesehen werden.

Unter "überkritischem Drall" ist dabei zu verstehen, daß die Luft in eine so starke Rotationsbewegung versetzt wird, daß sich eine zentrale Rückströmung ausbildet. Trifft eine derart in Rotation versetzte Luftströmung auf eine Erweiterung des sie führenden Raumes, finden starke Verwirbelungen statt. Diese Verwirbelungen werden in der vorliegenden Erfindung dazu genutzt eine besonders gute Vermischung zwischen der kalten Frischluft, dem zugeführten Brennstoff und den rückgeführten Verbrennungsprodukten zu bewirken.

Die Verbrennungsprodukte werden dadurch derart rückgeführt, daß sie eine deutlich niedrigere Temperatur als die Flamme besitzen. Dennoch sind die Verbrennungsgase wesentlich heißer als die frisch zugeführte Luft und der Brennstoff und besitzen eine wesentlich andere Viskosität, aber dies wirkt sich nicht nachteilig auf die Vermischung aus, da diese mit den erfindungsgemäßen Maßnahmen sichergestellt wird.

In einer bevorzugten Ausführung wird empfohlen, bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zusätzliche Sekundärluftdüsen, die um die Brennerdüse herum angeordnet sind, vorzusehen. Derartige Sekundärluftdüsen, die in einer noch weiter bevorzugten Ausführungsform mit im wesentlichen zur Achse des Brennerrohres hin variabler Neigung ausgebildet sind, haben den Vorteil, daß man eine Optimierung der Lufteinleitverhältnisse an die in dem jeweiligen individuellen Verbrennungsraum vorhandenen Verhältnisse vornehmen kann.

Weiter wird vorgeschlagen, ungefähr bis zu 90% der gesamten zur Verbrennung zugeführten Luftmenge durch die Sekundärluftdüsen einzublasen. Dadurch, daß ein derartig beträchtlicher Teil der Luft durch die Sekundärluftdüsen eingeblasen wird, beeinflussen diese das Strömungsverhalten am Beginn des Einsatzes wesentlich. Sie führen die verwirbelte und gemischte Luft aus dem Verwirbelungs- bzw. Mischbereich heraus, indem sie hinter sich einen Unterdruck erzeugen. Dieser Unterdruck führt weiter zu einer vermehrten Zufuhr von rückgeführten Verbrennungsprodukten durch den zwischen dem Einsatz und dem Brennerrohr verbleibenden Zwischenraum.

Es hat sich dabei als vorteilhaft erwiesen, daß die Sekundärluftdüsen in einem Winkel von bis zu

30°, vorzugsweise 10 - 25°, nach innen zur Achse des Brennerrohres angestellt sind. Eine derartige Anstellung bewirkt ein besonders günstiges Strömungsverhalten für eine stabile Flamme mit einer großen Rückführmenge von Verbrennungsprodukten.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen im einzelnen erläutert. Dabei zeigt:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung des Heizkessels nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung in Längsschnittdarstellung;
- Fig. 2 die Einrichtung zur tangentialen Lufteinleitung in Querschnittdarstellung entlang der Linie A-B in Fig. 1;
- Fig. 3 die Strömungsverhältnisse beim Einsatz eines erfindungsgemäßen Einsatzes in das Brennerrohr ohne gleichzeitige Verdrallung der Luft; und
- Fig. 4 die Strömungsverhältnisse in einem erfindungsgemäßen Brennerrohr mit Verdrallung der Verbrennungsluft.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist in Fig. 1 dargestellt. Das Brennerrohr 10 ist mit dem Abgasauslaß 22 auf der linken Seite und der Brennerdüse 12 auf der rechten Seite dargestellt. Die Zuführung des Brennstoffes erfolgt über die Brennstoffzuführung 13. In das Brennerrohr 10 ist der Einsatz 14 eingesetzt, wobei zwischen dem Einsatz 14 und dem Brennerrohr 10 ein Zwischenraum 16 zur Rückströmung der Verbrennungsprodukte freigelassen ist. Deutlich ist ein Abstand zwischen dem Einsatz 14 und dem dem Brenner zugewandten Ende des Brennerrohres zu erkennen. Verbrennungsluft wird tangential in die Luftzuführung 15 um den Brenner 12 herum und dann durch die konische Verengung 26 der Luftzuführung unter Drall in das Brennerrohr 10 eingeführt. Dieser Drall wird durch die Erweiterung 24 des hier zur Verfügung stehenden Raumes in dem Brennerrohr 10 bzw. in dem Einsatz 14 überkritisch, so daß sich eine zentrale Rückströmung ausbilden kann. Damit diese Rückströmung sich nicht bis in die Luftzuführung 15 hinein erstreckt, ist um die Brennerdüse 12 herum die Außenwand 28 mit einer Abschlußfläche 30 versehen, die dazu dient, diese Strömungsverhältnisse zu begrenzen.

Weiter sind Sekundärluftdüsen 20 vorgesehen, die in etwa mit dem Brenner abschließen. Sie können - gegebenenfalls variabel - mit bis zu einem Winkel von ca. 30° nach innen geneigt angeordnet sein und dienen zum einen dazu, die Verwirbelung und Vermischung zu unterstützen, und zum anderen dazu, die abgasrückführende Strömung durch den Unterdruck, den sie hinter sich erzeugen, zu verstärken.

Der Einsatz 14 wird typischerweise einen

Durchmesser von ca. 80 % des Gesamtbrennerrohrdurchmessers besitzen. Seine Länge wird typischerweise 20 bis 70 % der Brennerrohrlänge ausmachen. Die Temperatur der Verbrennung wird mit diesen Maßnahmen von ca. 1600°C auf 1300°C herabgesetzt werden können. Die Verweilzeit im Bereich sehr hoher Temperaturen wird ebenfalls herabgesetzt. Insgesamt kann eine Reduktion um bis zu 50 % der NO<sub>x</sub>-Konzentration bei Öl und bis zu 75% bei Erdgas erreicht werden. Im Brennerrohr 10 selbst wird die Geschwindigkeit der Gase klein sein, daher wird der Luftdruckwiderstand nicht unnötig erhöht.

In der in Fig. 2 dargestellten Einrichtung 18 zur tangentialen Lufteinleitung ist ein Schieber 32 mit einer runden Abschlußkante 34 dargestellt, der dazu dient, die Tangentialgeschwindigkeitskomponente der Luft bei gleichen Volumenströmen variieren zu können (Drallverstellung).

In den Fig. 3 und 4 ist schematisch verdeutlicht, auf welche Weise die Verdrallung der zugeführten Verbrennungsluft zu verbesserter Rückführung von Verbrennungsprodukten und zu besserer Durchmischung führt.

Durch die optimale Durchmischung kann mehr Inertgas zugeführt werden und die Verbrennungstemperatur weiter gesenkt werden, ohne daß es zu unvollkommener Verbrennung kommt.

Die in der vorstehenden Beschreibung sowie in den Ansprüchen und der beiliegenden Zeichnung offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

#### Bezugszeichenliste

10	Brennerrohr
12	Brennerdüse
13	Brennstoffzuführung
14	Einsatz
15	Verbrennungsluftzuführung
16	Zwischenraum
18	Einrichtung zur tangentialen Lufteinleitung
20	Sekundärluftdüsen
22	Abgasauslaß
24	Erweiterung
26	Verengung
28	Außenwand
30	Abschlußfläche
32	Schieber
34	Abschlußkante

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Verbrennung von fließfähigen oder gasförmigen Brennstoffen, mit einer in einem Brennerrohr (10) angeordneten Brenner-

düse (12), einer Einrichtung (13) zur Zufuhr des Brennstoffes zur Brennerdüse (12), einer Einrichtung (15) zur Zufuhr von Verbrennungsluft in das Brennerrohr (10), die im wesentlichen um die Einrichtung (13) zur Zufuhr des Brennstoffes herum angeordnet ist, und einem Einsatz (14) zur Rückführung von Verbrennungsprodukten in die Verbrennungszone, der am brennerseitigen Ende in das Brennerrohr (10) eingesetzt ist, wobei die Rückführung der Verbrennungsprodukte im wesentlichen in einem Zwischenraum (16) zwischen dem Einsatz (14) und dem Brennerrohr (10) erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung (18) zur tangentialen Einleitung von Luft in die Verbrennungsluft-Zuführung (15) vorgesehen ist, um zumindest innerhalb des Einsatzes (14) eine überkritische Drallströmung zu erzeugen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch zusätzliche Sekundärluftdüsen (20), die um die Brennerdüse (12) herum angeordnet sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Sekundärluftdüsen (20) mit im wesentlichen zur Achse des Brennerrohres (10) hin variabler Neigung ausgebildet sind.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil der Verbrennungsluft, der durch die Sekundärluftdüsen (20) eingeblasen wird, bis zu 90% der gesamten Luftmenge beträgt.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Sekundärluftdüsen (20) in einem Winkel von bis zu 30°, vorzugsweise 10 - 25°, nach innen zur Achse des Brennerrohres (10) angestellt sind.

45

50

55

