

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 639 742 A2**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **94109964.0**

51 Int. Cl.⁶: **F23C 9/00, F23C 6/04, F23C 7/00**

22 Anmeldetag: **28.06.94**

30 Priorität: **20.08.93 DE 4328130**

72 Erfinder: **Smit, Werner**
Südweststrasse 13
D-28222 Bremen (DE)
Erfinder: **Schopf, Norbert**
Südweststrasse 13
D-28222 Bremen (DE)

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.02.95 Patentblatt 95/08

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

74 Vertreter: **Winkler, Andreas, Dr.**
FORRESTER & BOEHMERT
Franz-Joseph-Strasse 38
D-80801 München (DE)

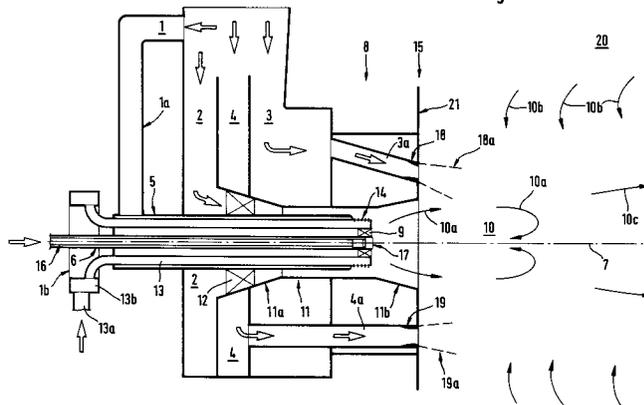
71 Anmelder: **Saacke GmbH & Co. KG**
Südweststr. 13
D-28222 Bremen (DE)

54 **Verfahren und Vorrichtung zum emissionsarmen Verbrennen von fließfähigen und/oder gasförmigen Brennstoffen mit interner Rauchgaszirkulation.**

57 Verfahren und Vorrichtung zum emissionsarmen Verbrennen von fließfähigen und/oder gasförmigen Brennstoffen mit interner Rauchgaszirkulation, insbesondere in Wasserrohrkesseln, wobei ein erster Teil der Verbrennungsluft verdreht als Primärluft 1 und Primärluft 2 koaxial mit dem Brennstoff im wesentlichen rotationssymmetrisch zur Brennerlängsachse zu einer Primär-Austrittsposition geführt wird. Ein zweiter Teil der Verbrennungsluft wird als Sekundärluft an einer Sekundär-Austrittsposition in zwei Stufen zugeführt. Die Sekundärluft wird in Form ei-

ner Anzahl von Freistrahlen im wesentlichen in Richtung der Primärluftströmung zugeführt, wobei die Strahlen der ersten Stufe jeweils in einem ersten radialen Abstand von der Längsachse beginnen und konvergent zur Längsachse angestellt sind und die Strahlen der zweiten Stufe jeweils in einem zweiten radialen Abstand von der Längsachse beginnen und parallel zu dieser gerichtet sind, und wobei der radiale Abstand der Strahlen der ersten Stufe von der Längsachse bevorzugt kleiner als der radiale Abstand der Strahlen der zweiten Stufe ist.

Fig. 1



EP 0 639 742 A2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum emissionsarmen Verbrennen von fließfähigen und/oder gasförmigen Brennstoffen mit interner Rauchgasrezirkulation, bei dem ein erster Teil der Verbrennungsluft verdrallt als Primärluft koaxial mit dem Brennstoff im wesentlichen rotationssymmetrisch zu einer Längsachse bis zu einer Primär-Austrittsposition geführt wird und ein zweiter Teil der Verbrennungsluft radial außerhalb der Primärluft als Sekundärluft an einer Sekundär-Austrittsposition in zwei Stufen zugeführt wird.

Die Erfindung betrifft weiterhin eine Verbrennungsvorrichtung zum emissionsarmen Verbrennen von fließfähigen und/oder gasförmigen Brennstoffen mit interner Rauchgasrezirkulation, insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, mit einer Einrichtung zum im wesentlichen rotationssymmetrischen Zuführen und Verdrallen eines ersten Teils der Verbrennungsluft als Primärluft sowie zum koaxialen Zuführen des Brennstoffs zu einer Primär-Austrittsposition, und mit einer Einrichtung zur zweistufigen Zuführung eines zweiten Teils der Verbrennungsluft radial außerhalb der Primärluft als Sekundärluft an einer Sekundär-Austrittsposition.

Technische Feuerungsanlagen sollen einerseits selbstverständlich die im Brennstoff enthaltene, chemisch gebundene Primärenergie möglichst vollständig in Wärmeenergie umsetzen. Eine weitere Zielsetzung besteht darin, den Ausstoß von Schadstoffen (SO_x , NO_x , Ruß ...) möglichst zu reduzieren. Während den meisten Schadstoffen nur durch aufwendige Sekundärmaßnahmen (Filter, Entschwefungsanlagen ...) beizukommen ist, besteht hinsichtlich NO_x ein beträchtliches Minderungspotential allein durch feuerungstechnische bzw. Primärmaßnahmen, d.h. durch Optimierung der Verbrennungsbedingungen im Feuerraum. Der Grund hierfür ist darin zu sehen, daß NO_x in technischen Feuerungen für Brennstoffe mit geringem organischen Stickstoffgehalt (z.B. Heizöl EL, Erdgas) in der Regel überwiegend als sogenanntes thermisches NO_x entsteht, d.h. durch Oxidation des in der zur Verbrennung genutzten Umgebungsluft enthaltenen Stickstoffs bei hohen Temperaturen. Aus dem Bildungsmechanismus für thermisches NO_x läßt sich ableiten, daß in einer Verbrennung mit niedriger NO_x -Bildung das räumliche und/oder zeitliche Zusammentreffen hoher Temperaturen (merkliche NO_x -Bildung oberhalb ca. 1400°C) mit (relativ) hohen Sauerstoffpartialdrücken vermieden werden sollte. Daraus ergibt sich als Mindestforderung, daß (räumliche oder zeitliche) Spitzentemperaturen möglichst vermieden werden sollten.

Die maximal zulässigen NO_x -Emissionswerte bei Feuerungsanlagen sind in Abhängigkeit von Brennstoff und thermischer Leistung in der 1., 4. und 13. BImSchV festgelegt. Im Geltungsbereich

der 4. BImSchV gilt danach z.B. für gasförmige Brennstoffe ein Grenzwert von $200\text{ mg/m}^3\text{ NO}_x$ und für Heizöl EL 250 mg/m^3 , der nach dem heutigen Stand der Technik durch feuerungstechnische Maßnahmen eingehalten werden kann. Gemäß der Dynamisierungsklausel der 4. BImSchV werden jedoch schon heute oft Grenzwerte von 100 mg/m^3 Gas bzw. 150 mg/m^3 (Heizöl EL) gefordert.

Zur Vermeidung von hohen Spitzentemperaturen gibt es generell zwei praxiserprobte Lösungen:

1. Luft- und/oder Brennstoffstufung,
2. interne oder externe Rauchgasrezirkulation.

Bei der Stufung von Brennstoff und/oder Luft wird die Wärme über einen längeren Weg an mehreren Stellen freigesetzt, so daß Temperaturspitzen vermieden werden, die durch schnelle Reaktion des gesamten Brennstoffs mit der Luft entstehen. Insbesondere in den unterstöchiometrischen (brennstoffreichen) Zonen entsteht reaktionskinetisch bedingt wenig NO_x . Die Reaktion der Stoffe in der Ausbrandzone darf ebenfalls nicht zu schnell ablaufen, muß aber vollständig sein. Ein Nachteil bei der Stufung von Brennstoff/Luft ist der hohe Bedarf an Feuerraumvolumen. Die Flamme ist infolge der Ausbildung von mindestens zwei Verbrennungszonen und der definierten, stufenweisen Durchmischung der Reaktionspartner sehr lang. Dies stellt Anforderungen an den Feuerraum, die häufig nicht zu realisieren sind.

Die externe Rezirkulation von Rauchgas ist seit Jahren Stand der Technik. Relativ "kaltes" Rauchgas wird bei diesem Verfahren am Ende des Kessels über ein Gebläse abgesaugt und der Verbrennungsluft zugeführt. Das inerte Rauchgas senkt die Temperatur in der Flamme sowie den O_2 -Partialdruck ab. Der Nachteil bei diesem Verfahren sind hohe Investitions- und Betriebskosten.

Die interne Rauchgasrezirkulation bietet in dieser Situation zahlreiche Vorteile, wobei allerdings bei zahlreichen bekannten Bauweisen Leitvorrichtungen zur Führung der Flammen- und Rauchgase erforderlich sind. Solche Leitvorrichtungen haben neben konstruktivem Aufwand und unvermeidlichem Platzbedarf zusätzlich den Nachteil, daß sich daran Feststoffpartikel aus der Verbrennung ablagern können, was eine regelmäßige Reinigung notwendig macht.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verbrennung mit interner Rauchgasrezirkulation zu schaffen, bei dem die genannten und weitere Nachteile vermieden werden und bei dem bei einfacher konstruktiver Gestaltung eine erhebliche NO_x -Reduzierung erreicht wird.

Die Lösung dieser Aufgabe besteht hinsichtlich des Verfahrens darin, daß die Sekundärluft in Form einer Anzahl von (Frei-)Strahlen im wesentlichen in Richtung der Primärluftströmung zugeführt wird, wobei die Strahlen der ersten Stufe jeweils in ei-

nem ersten radialen Abstand von der Längsachse beginnen und konvergent zur Längsachse angeordnet sind und die Strahlen der zweiten Stufe jeweils in einem zweiten radialen Abstand von der Längsachse beginnen und parallel zu dieser gerichtet sind.

Die Sekundärluft-Freistrahlen saugen aus ihrer Umgebung Rauchgas an, wobei durch die erfindungsgemäße Anordnung der Strahlen aus Bereichen des Feuerraums angesaugt wird, in denen die Rauchgase bereits (teilweise) abgekühlt sind.

Die verdrallte Primärluft induziert eine hochturbulente Rückströmzone und bewirkt somit eine hervorragende Durchmischung der Reaktionspartner mit dem rückgeführten Rauchgas, wodurch im Ergebnis Temperaturspitzen wirksam vermieden werden.

Der (erste) radiale Abstand der Strahlen der ersten Stufe von der Längsachse wird bevorzugt kleiner gewählt als der entsprechende (zweite) radiale Abstand der Strahlen der zweiten Stufe.

Bevorzugt beträgt der Anstellwinkel der Strahlen der ersten Stufe 15° .

Weiter wird vorgeschlagen, daß die Primärluft in einen ersten (Primärluft 1) und einen zweiten (Primärluft 2) Luftstrom, die koaxial geführt werden, aufgeteilt wird, wobei der gasförmige Brennstoff bevorzugt zwischen diesen beiden Strömen zugeführt wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Anzahl der Strahlen in der ersten Stufe der Sekundärluft gleich der Anzahl der Strahlen in der zweiten Stufe.

In der ersten und zweiten Stufe sind jeweils 4 bis 12, bevorzugt aber sechs Strahlen vorgesehen.

Die anfänglichen Querschnittsflächen der Strahlen der ersten und der zweiten Stufe können dabei entweder symmetrisch oder asymmetrisch bezüglich der Längsachse (7) angeordnet werden, um eine Anpassung der Flammenform an der Geometrie des Feuerraums zu erhalten.

Zweckmäßigerweise werden die Strahlen der beiden Stufen (bei symmetrischer Anordnung der Sekundärluft) in Umfangsrichtung symmetrisch gegeneinander versetzt.

Die anfängliche Querschnittsfläche der Strahlen der ersten Stufe kann gleich oder auch nicht gleich der entsprechenden Fläche der Strahlen der zweiten Stufe sein.

Die Primärluft oder wenigstens ein Teilstrom davon wird vorteilhafterweise (mit einem Drallwinkel von etwa 70°) verdrallt.

Der Primärluftanteil beträgt bevorzugt 10% - 30% der insgesamt zugeführten Verbrennungsluft.

Weiter ist vorgesehen, daß der fließfähige Brennstoff zentral bis zur Primär-Austrittsposition geführt und dort, symmetrisch oder asymmetrisch in Bezug auf die Längsachse (7), in Form von

Strahlen zerstäubt wird. Diese werden bevorzugt in Umfangsrichtung mit den Strahlen der Sekundärluft der ersten Stufe ausgerichtet.

Bevorzugt ist vorgesehen, daß die Sekundär-Austrittsposition in axialer Richtung stromab von der Primär-Austrittsposition liegt, wobei die aus Primärluft und Brennstoff bestehende Strömung zwischen Primär- und Sekundär-Austrittsposition parallel oder diffusorartig erweitert geführt wird.

Die Lösung des auf die Vorrichtung bezogenen Teils der Aufgabe besteht darin, daß die Einrichtung zum Zuführen der Sekundärluft eine Anzahl von Düsen aufweist, wobei die Düsen für die erste Stufe jeweils einen ersten radialen Abstand von der Längsachse aufweisen und konvergent zur Längsachse angeordnet sind, und die Düsen für die zweite Stufe jeweils einen zweiten radialen Abstand von der Längsachse aufweisen und im wesentlichen parallel dazu gerichtet sind.

Bevorzugt ist der (erste) radiale Abstand der Düsen der ersten Stufe von der Längsachse kleiner als der entsprechende (zweite) radiale Abstand der Düsen der zweiten Stufe.

Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, wenn der Anstellwinkel der Düsen der ersten Stufe 15° beträgt.

Es ist von Vorteil, wenn die erste Stufe der Sekundärluftzufuhr ebenso viele Düsen aufweist wie die zweite Stufe. Die Anzahl der Düsen kann in den beiden Stufen jeweils zwischen 4 und 12 liegen, wobei sich eine Anzahl von sechs Düsen in beiden Stufen als günstig herausgestellt hat.

Weiterhin ist von Vorteil, wenn die Düsen beider Stufen in Umfangsrichtung symmetrisch gegeneinander versetzt sind.

Die Flächenanteile der Sekundärluftdüsen können in beiden Stufen gleich oder ungleich sein, und sie können symmetrisch oder asymmetrisch bezüglich der Längsachse angeordnet sein, wodurch die Flammenform beeinflußt werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Einrichtung zum Zuführen von Primärluft und Brennstoff ein äußeres Brennerrohr und zwei darin und ineinander konzentrisch angeordnete, erste und zweite Zuleitungen auf. Der Ringraum zwischen Brennerrohr und erster Zuleitung dient dabei der Zuführung der Primärluft bzw. eines Teils davon, wobei zwischen dem Brennerrohr und der diesem zunächstliegenden (ersten) Zuleitung eine drallerzeugende Einrichtung angeordnet sein kann. Der Ringraum zwischen der ersten und der innerhalb dieser befindlichen, zweiten Zuleitung kann der Zuführung eines Teils der Primärluft (Primärluft 1) dienen, wobei dann zwischen der ersten und zweiten Zuleitung eine (weitere) drallerzeugende Einrichtung angeordnet sein kann.

Die drallerzeugende(n) Einrichtung(en) für die Primärluft können verstellbar sein, weisen aber be-

vorzugt einen Drallwinkel von 70° auf, wobei die beiden Anteile der Primärluft (Primärluft 1 und Primärluft 2) gleich- oder auch gegensinnig verdrallt sein können.

Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, im Ringraum zwischen der ersten und zweiten Zuleitung eine Anzahl von Zuleitungen für Brenngas anzuordnen, die drehbar sein können, so daß die Gasaustrittsbohrungen im Bereich der Primär-Austrittsposition tangential oder radial zur Brennerachse ausgerichtet werden können, wodurch Flammenform und Stabilität beeinflußt werden können.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist konzentrisch innerhalb der zweiten Zuleitung eine dritte Zuleitung für fließfähigen Brennstoff angeordnet. Im Bereich der Primär-Austrittsposition ist eine Zerstäuberdüse für flüssigen bzw. fließfähigen Brennstoff angeordnet, die in bekannter Weise als Zweistoff-Dampfdruckzerstäuberdüse ausgebildet sein kann.

Die Zerstäuberdüse hat bevorzugt ebensoviele Einzelbohrungen wie Sekundärluftdüsen in der ersten Stufe vorhanden sind, wobei die Einzelbohrungen mit den Düsen ausgerichtet sind. Die Einzelbohrungen können dabei, wie die Düsen, symmetrisch oder asymmetrisch bezüglich der Längsachse ausgerichtet sein.

Im Hinblick auf die Flammenstabilität hat es sich als günstig erwiesen, die Sekundär-Austrittsposition in axialer Richtung stromab von der Primär-Austrittsposition anzuordnen, wobei das äußere Brennerrohr zwischen Primär- und Sekundär-Austrittsposition mit konstantem Durchmesser oder diffusorartig erweitert verläuft.

Die Erfindung ist nachstehend an einem Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf eine Zeichnung weiter erläutert, in der

Fig. 1 einen schematischen Längsschnitt durch eine erfindungsgemäße Verbrennungsvorrichtung zeigt,

Fig. 2 eine Draufsicht auf die Sekundärluftbohrungen zeigt, und

Fig. 3 und 4 Meßergebnisse von NO_x für Erdgas bzw. Heizöl EI zeigen, die an einer erfindungsgemäßen Verbrennungsvorrichtung erhalten wurden.

Der in Fig. 1 dargestellte Brenner ist in die mit 21 bezeichnete Kesselwand eines Wasserrohrkessels eingefügt und arbeitet, angedeutet durch die Pfeile 10c, in den Feuerraum 20. Die über Gebläse von außen radial zugeführte Verbrennungsluft wird in vier Teilströme aufgeteilt:

1. Primärluft 1 (bei 1),
2. Primärluft 2 (bei 2),
3. Sekundärluft 1 (bei 3), und
4. Sekundärluft 2 (bei 4).

Der erste Teilstrom der Primärluft, die Primärluft 1, gelangt über eine Zuführung 1a in den

Ringraum zwischen einer ersten Zuleitung 5 und einer zweiten Zuleitung 6, in dem sie in Richtung der Längsachse 7 des Brenners bis zur Primär-Austrittsposition 8 geführt wird. An dieser Stelle ist zwischen der ersten und zweiten Zuleitung eine (ggf. verstellbare) Einrichtung 9 zur Verdrallung der Primärluft 1 angeordnet.

Der zweite Teil der Primärluft, die Primärluft 2, wird in Richtung auf die erste Zuleitung 5 zugeführt und sodann in axiale Richtung umgelenkt, wobei sie im Ringraum zwischen dem (äußeren) Brennerrohr 11 (bzw. einer Ausmauerung o.ä.) und der ersten Zuleitung 5 in Richtung auf die Primär-Austrittsposition 8 geführt wird. In einem ersten, sich verjüngenden Abschnitt 11a des Brennerrohrs 11 ist ebenfalls eine (verstellbare) Verdrallungseinrichtung 12 angeordnet, die eine starke Verdrallung der Primärluft bewirkt. Die Primärluft hat die Aufgabe, mit möglichst geringem Anteil an der Gesamtluft durch starke Verdrallung die Flamme zu stabilisieren, Rückwirbel im Flammenkern auszubilden und durch gute Vermischung der Reaktionspartner Temperaturspitzen zu eliminieren.

Brenngas wird über eine Rohrleitung 13a einem ringförmigen Verteilerraum 13b zugeführt, an den sich eine Anzahl von Gaslanzen 13 anschließen. Das Brenngas tritt an der Primär-Austrittsposition 8 aus jeder Gaslanze 13 durch eine Anzahl von Gasaustrittsbohrungen 14 im wesentlichen radial aus, wobei die Bohrungen 14 durch Verdrehen der Gaslanzen 13 um deren Längsachse in eine teilweise tangentiale Richtung verschwenkt werden können. Dadurch können Flammenform und Stabilität beeinflußt werden. Stromab der Primär-Austrittsposition 8 schließt sich ein konisch erweiterter Abschnitt 11b des Brennerrohrs 11 an, wodurch die Neigung der verdrallten Primärluftströmung zur Bildung einer zentralen Rezirkulationsströmung im Bereich des Flammenkerns 10 noch verstärkt wird, wie durch die Pfeile 10a verdeutlicht wird, die die Strömungsrichtung andeuten.

Flüssiger bzw. fließfähiger Brennstoff gelangt durch den Ringraum zwischen der zweiten Zuleitung 6 und einer innerhalb dieser angeordneten, dritten Zuleitung 16 zur Primär-Austrittsposition 8, wo der flüssige Brennstoff mit Hilfe von Dampf, der durch die dritte Zuleitung zugeführt wird, in einer Zweistoff-Zerstäuberdüse 17 fein zerstäubt wird, wobei das Zweiphasen-Zweistoffgemisch mit Schallgeschwindigkeit aus den Austrittsöffnungen austritt.

Die Sekundärluftzufuhr erfolgt in zwei Teilströmen 3 und 4, die jeweils über ringförmige Verteilerräume und Zuleitungen 3a und 4a zu den Düsen 18 für die erste Stufe sowie 19 für die zweite Stufe gelangen. Es sei darauf verwiesen, daß es zum Erreichen des angestrebten Zwecks nicht unbedingt erforderlich ist, Düsen vorzusehen, vielmehr

könnte die Sekundärluftzufuhr auch durch glatte Rohre entsprechenden Durchmessers erfolgen. Das Flächenverhältnis der Luftaustrittsflächen der ersten und zweiten Stufe ist in diesem Bereich so gewählt, daß die Fläche der Bohrungen bzw. Düsen 18 der ersten Stufe etwa 30% der gesamten Luftaustrittsfläche der Sekundärluft betragen, während die Querschnitte der Bohrungen bzw. Düsen 19 der zweiten Stufe 4 etwa 70% davon betragen. In der hier gezeigten Ausführungsform sind jeweils sechs Düsen 18 und 19 vorhanden, die jeweils in Umfangsrichtung symmetrisch gegeneinander versetzt sind, so daß sich die in Fig. 2 gezeigte Anordnung ergibt.

Das erfindungsgemäße Verfahren der Zuführung der Sekundärluft hat die Ausbildung von Freistrahlen 18a, 19a zur Folge, die auf ihrem Ausbreitungsweg Rauchgas einsaugen. Durch die spezielle Anordnung der Düsen wird aus Bereichen des Feuerraums 20 angesaugt, in denen die Rauchgase bereits teilweise abgekühlt sind. Die gute Einmischung der Rauchgase in den Flammenkern durch Primär- und Sekundärluft sorgt für die erforderliche Temperaturspitzenabsenkung.

Die Volumenströme von Primärluft 1, Primärluft 2, Sekundärluft 1 und Sekundärluft 2 werden in Abhängigkeit von der Last und unter weiteren Gesichtspunkten über einen elektronischen Brennstoff-Luft-Verhältnisregler einzeln geregelt, so daß einerseits jederzeit minimale NO_x-Werte mit einer im Feuerraum freibrennenden Flamme sichergestellt sind und andererseits die Flammgeometrie für verschiedene Brennräume optimal gestaltet werden kann.

Die Aufteilung zwischen Primär- und Sekundärluft erfolgt in der Regel so, daß bei Vollast eine Primärluftzahl von 0,15 ... 0,35 eingestellt wird, die bei Teillast entsprechend erhöht wird.

Fig. 3 und 4 zeigen Meßergebnisse von NO_x, die an einem erfindungsgemäßen Brenner in einer 8 MW-Versuchsanlage bei Verbrennung von Erdgas (Fig. 3) und Heizöl EL (Fig. 4) erhalten wurden. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können offensichtlich die Werte 100 mg/m³ (Erdgas) bzw. 150 mg/m³ (Heizöl EL) sicher unterschritten werden. Der Regelbereich beträgt bei der Verbrennung von Erdgas 1:8, bei Heizöl EL 1:7.

Bezugszeichenliste

| | |
|----|-----------------|
| 1 | Primärluft 1 |
| 1a | Zuführung |
| 2 | Primärluft 2 |
| 3 | Sekundärluft 1 |
| 3a | Zuleitung |
| 4 | Sekundärluft 2 |
| 4a | Zuleitung |
| 5 | erste Zuleitung |

| | | |
|----|-----|--|
| | 6 | zweite Zuleitung |
| | 7 | Längsachse |
| | 8 | Primär-Austrittspositon |
| | 9 | Verdrallungseinrichtung (Primärluft 1) |
| 5 | 10 | Flammenkern |
| | 10a | Pfeil |
| | 10b | Pfeil |
| | 10c | Pfeil |
| | 11 | Brennerrohr |
| 10 | 12 | Verdrallungseinrichtung (Primärluft 2) |
| | 13 | Gaslanze |
| | 13a | Rohrleitung (Gas) |
| | 13b | Verteilerraum (Gas) |
| | 13 | Gasaustrittsbohrung |
| 15 | 15 | Sekundär-Austrittsposition |
| | 16 | dritte Zuleitung |
| | 17 | Zweistoff-Zerstäuberdüse |
| | 18 | (Sekundärluft-)Düse (erste Stufe) |
| | 18a | Freistrah |
| 20 | 19 | (Sekundärluft-)Düse (zweite Stufe) |
| | 19a | Freistrah |
| | 20 | Feuerraum |
| | 21 | Kesselwand |

25 Patentansprüche

1. Verfahren zum emissionsarmen Verbrennen von fließfähigen und/oder gasförmigen Brennstoffen mit interner Rauchgasrezirkulation, bei dem ein erster Teil der Verbrennungsluft verdrallt als Primärluft koaxial mit dem Brennstoff im wesentlichen rotationssymmetrisch zu einer Längsachse bis zu einer Primär-Austrittsposition geführt wird und ein zweiter Teil der Verbrennungsluft als Sekundärluft radial außerhalb der Primärluft an einer Sekundär-Austrittsposition in zwei Stufen zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Sekundärluft (3, 4) in Form einer Anzahl von (Frei-)Strahlen (18a, 19a) im wesentlichen in Richtung der Primärluftströmung (2) zugeführt wird, wobei die Strahlen (18a) der ersten Stufe jeweils in einem ersten radialen Abstand von der Längsachse (7) beginnen und konvergent zur Längsachse angeordnet sind, und die Strahlen (19a) der zweiten Stufe jeweils in einem zweiten radialen Abstand von der Längsachse (7) beginnen und parallel zur dieser gerichtet sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der (erste) radiale Abstand der Strahlen (18a) der ersten Stufe von der Längsachse (7) kleiner ist als der entsprechende (zweite) radiale Abstand der Strahlen (19a) der zweiten Stufe.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Anstellwinkel der

- Strahlen (19a) der ersten Stufe 15° beträgt.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Primärluft (1, 2) in einen ersten (Primärluft 1) (1) und einen zweiten (Primärluft 2) (2) Luftstrom, die koaxial geführt werden, aufgeteilt wird. 5
 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der gasförmige Brennstoff zwischen den beiden Strömen (1, 2) zugeführt wird. 10
 6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Strahlen (18a) in der ersten Stufe der Sekundärluft gleich der Anzahl der Strahlen (19a) in der zweiten Stufe ist. 15
 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß in der ersten und zweiten Stufe jeweils 4 bis 12 Strahlen (18a, 19a) vorhanden sind. 20
 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß in der ersten und zweiten Stufe jeweils sechs Strahlen (18a, 19a) vorhanden sind. 25
 9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die anfänglichen Querschnittsflächen der Strahlen (18a, 19a) der ersten und zweiten Stufe symmetrisch oder asymmetrisch bezüglich der Längsachse (7) angeordnet sind. 30
 10. Verfahren nach Anspruch 6, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlen (18a, 19a) beider Stufen der Sekundärluft in Umfangsrichtung symmetrisch gegeneinander versetzt werden. 40
 11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die anfängliche Querschnittsfläche der Strahlen (18a) der ersten Stufe gleich oder nicht gleich der entsprechenden Fläche der Strahlen (19a) der zweiten Stufe ist. 45
 12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Primärluft 1 (1) und/oder die Primärluft 2 (2) verdrallt werden. 50
 13. Verfahren nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch einen Drallwinkel von 70° . 55
 14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Primärluftanteil (1, 2) 10% - 30% der insgesamt zugeführten Verbrennungsluft (1, 2, 3, 4) beträgt. 5
 15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß fließfähiger Brennstoff zentral bis zur Primär-Austrittsposition (8) geführt und dort, symmetrisch oder asymmetrisch in Bezug auf die Längsachse (7), in Form einzelner Strahlen zerstäubt wird. 10
 16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäubungsstrahlen des fließfähigen Brennstoffs in Umfangsrichtung mit den Strahlen (18a) der Sekundärluft der ersten Stufe ausgerichtet werden. 15
 17. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sekundär-Austrittsposition (15) stromab von der Primär-Austrittsposition (8) liegt, wobei die aus Primärluft (1, 2) und Brennstoff bestehende Strömung zwischen Primär- (8) und Sekundär-Austrittsposition (15) parallel zur Längsachse (7) oder diffusorartig erweitert geführt wird. 20
 18. Vorrichtung zum emissionsarmen Verbrennen von fließfähigen und/oder gasförmigen Brennstoffen mit interner Rauchgasrezirkulation, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 17, mit einer Einrichtung zum im wesentlichen rotationssymmetrischen Zuführen und Verdrallen eines ersten Teils der Verbrennungsluft als Primärluft sowie zum koaxialen Zuführen des Brennstoffs jeweils zu einer Primär-Austrittsposition, und mit einer Einrichtung zur zweistufigen Zuführung eines zweiten Teils der Verbrennungsluft radial außerhalb der Primärluft als Sekundärluft an einer Sekundär-Austrittsposition, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zum Zuführen der Sekundärluft (3, 4) eine Anzahl von Düsen (18, 19) aufweist, wobei die Düsen (18) für die erste Stufe jeweils einen ersten radialen Abstand von der Längsachse (7) aufweisen und konvergent zur Längsachse (7) angestellt sind und die Düsen (19) für die zweite Stufe jeweils einen zweiten radialen Abstand von der Längsachse (7) aufweisen und im wesentlichen parallel dazu gerichtet sind. 35
 19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der (erste) radiale Abstand der Düsen (18) der ersten Stufe von der Längsachse (7) kleiner ist als der entsprechen-

- de (zweite) radiale Abstand der Düsen (19) der zweiten Stufe.
- 20.** Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Anstellwinkel der Düsen der ersten Stufe 15° beträgt. 5
- 21.** Vorrichtung nach Anspruch 18, 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Stufe der Sekundärluftzufuhr ebensoviele Düsen aufweist wie die zweite Stufe. 10
- 22.** Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß in beiden Stufen jeweils 4 bis 12 Düsen (18, 19) vorhanden sind. 15
- 23.** Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß in beiden Stufen jeweils sechs Düsen (18, 19) vorhanden sind. 20
- 24.** Vorrichtung nach Anspruch 21, 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Düsen (18, 19) beider Stufen in Umfangsrichtung symmetrisch gegeneinander versetzt sind. 25
- 25.** Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Flächenanteile der Sekundärluftdüsen (18, 19) in beiden Stufen gleich oder ungleich sind. 30
- 26.** Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Flächenanteile der Sekundärluftdüsen (18, 19) symmetrisch oder asymmetrisch bezüglich der Längsachse (7) angeordnet sind. 35
- 27.** Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zum Zuführen von Primärluft (1, 2) und Brennstoff ein äußeres Brennerrohr (11) und zwei darin und ineinander konzentrisch angeordnete, erste (5) und zweite (6) Zuleitungen aufweist. 40
- 28.** Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Brennerrohr (11) und der diesem zunächstliegenden, (ersten) Zuleitung (5) eine verstellbare, drallerzeugende Einrichtung (12) angeordnet ist. 45
- 29.** Vorrichtung nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, daß im Ringraum zwischen der ersten (5) und der innerhalb dieser befindlichen, zweiten Zuleitung (6) eine weitere verstellbare, drallerzeugende Einrichtung (9) angeordnet ist. 50
- 30.** Vorrichtung nach Anspruch 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, daß die drallerzeugenden Einrichtungen (9, 12) einen Drallwinkel von 70° aufweisen.
- 31.** Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß im Ringraum zwischen der ersten (5) und zweiten (6) Zuleitung eine Anzahl von Brenngasleitungen (13) angeordnet sind.
- 32.** Vorrichtung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Brenngasleitungen (13) um ihre Längsachse drehbar sind.
- 33.** Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb der zweiten Zuleitung (6) eine dritte Zuleitung (16) angeordnet ist.
- 34.** Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß in der Primär-Austrittsposition (8) eine Zerstäuberdüse (17) für fließfähigen Brennstoff angeordnet ist.
- 35.** Vorrichtung nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäuberdüse (17) ebensoviele Einzelbohrungen hat wie Sekundärluftdüsen (18) in der ersten Stufe vorhanden sind, wobei die Einzelbohrungen mit den Düsen (18) in Umfangsrichtung ausgerichtet sind.
- 36.** Vorrichtung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelbohrungen symmetrisch oder asymmetrisch bezüglich der Längsachse (7) angeordnet sind.
- 37.** Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß die Sekundär-Austrittsposition (15) stromab von der Primär-Austrittsposition (8) angeordnet ist, wobei das Brennerrohr (11) zwischen Primär- und Sekundär-Austrittsposition mit konstantem Durchmesser oder diffusorartig erweitert verläuft.

Fig. 1

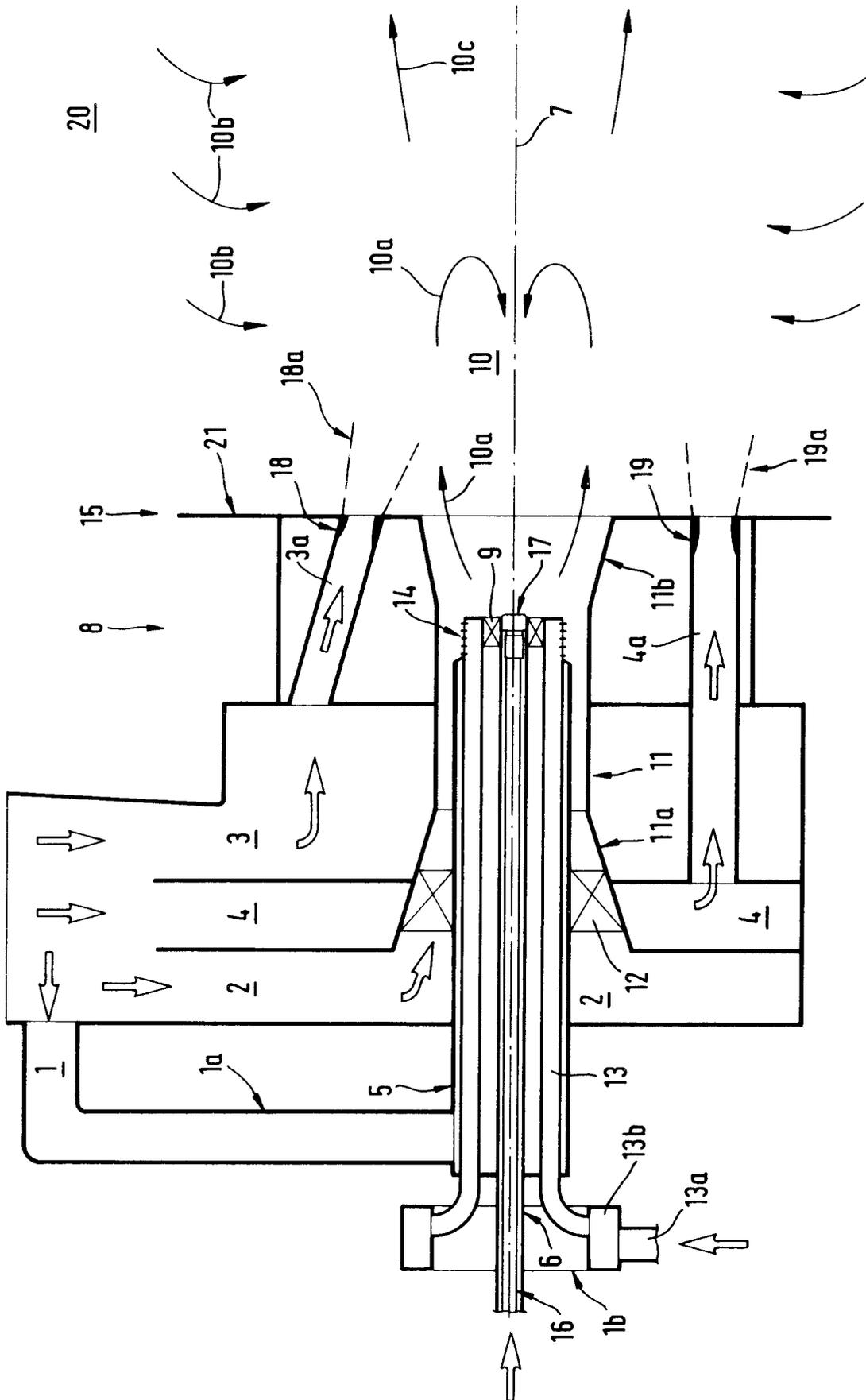


Fig. 2

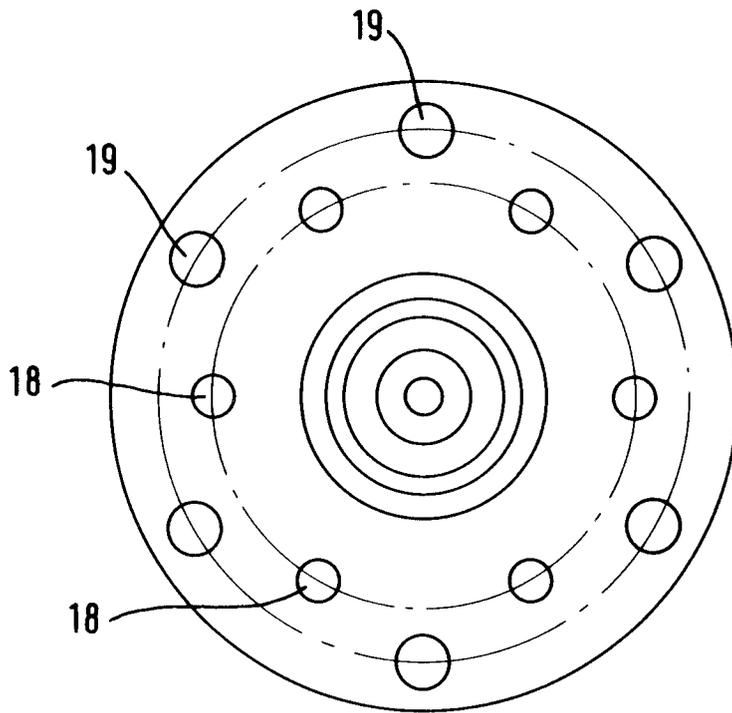


Fig. 3

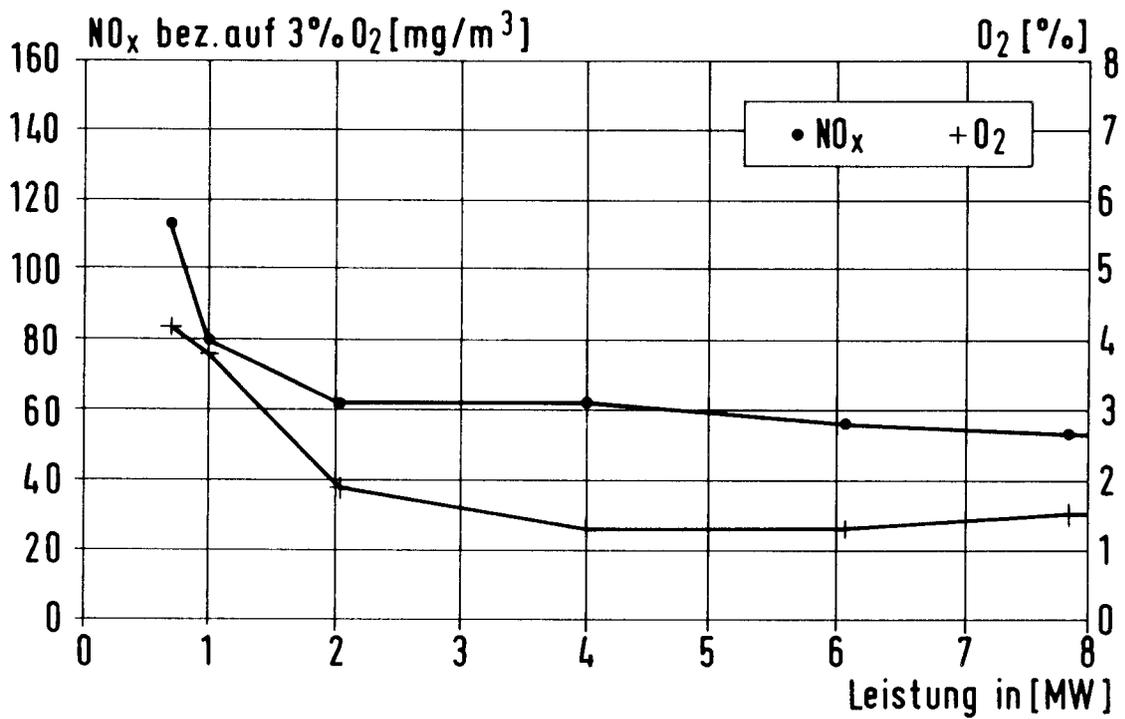


Fig. 4

