(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. Oktober 2017 (12.10.2017)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/174751 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F23C 6/04 (2006.01) *F23D 1/00* (2006.01)
F23C 5/32 (2006.01) *F23L 9/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/058301

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. April 2017 (06.04.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
16164523.9 8. April 2016 (08.04.2016) EP

(71) Anmelder: **STEINMÜLLER ENGINEERING GMBH** [DE/DE]; Fabrikstrasse 5, 51643 Gummersbach (DE).

(72) Erfinder: **THIERBACH, Hans-Ulrich**; Zum Buchholzfeld 9, 51674 Wiehl (DE). **HAMEL, Stefan**; Im Obstgarten 13a, 57482 Wenden (DE). **SANTHIRASEGARAN, Anojan**; Hardtstr. 28, 51643 Gummersbach (DE). **NASRI, Samir**; Kaiserstr. 2b, 51643 Gummersbach (DE).

(74) Anwalt: **GODEMEYER BLUM LENZE PATENTANWÄLTE**; An den Gärten 7, 51491 Overath (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/174751 A1

(54) Title: METHOD FOR THE LOW-NITROGEN-OXIDE COMBUSTION OF SOLID, LIQUID, OR GASEOUS FUELS, IN PARTICULAR COAL DUST, AND A BURNER AND A FIRING INSTALLATION FOR PERFORMING THE METHOD

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR STICKOXID-ARMEN VERBRENNUNG VON FESTEN, FLÜSSIGEN ODER GASFÖRMIGEN BRENNSTOFFEN, INSBESONDERE KOHLENSTAUB, EIN BRENNER UND EINE FEUERUNGSANLAGE ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS

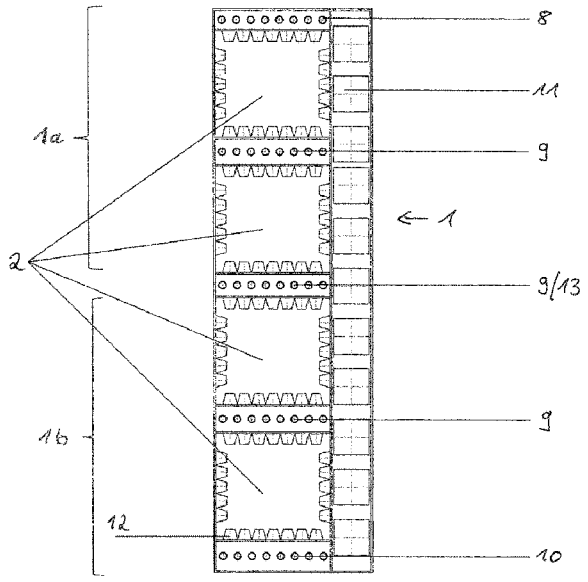


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a method for the combustion of solid, liquid, or gaseous fuels, in particular coal dust, wherein the fuel flow is introduced into a combustion chamber (18) and combusted by means of one or more main burners, wherein the fuel flow of each main burner is introduced into the combustion chamber via a fuel slit (2) or via a plurality of fuel slits (2) arranged in a vertical plane, wherein additional burner air is introduced into the combustion chamber via air slits or air nozzles; wherein one part of the additional burner air is introduced into the combustion chamber by means of horizontally extending rows of air slits or air nozzles (8, 10), wherein the fuel flow is bounded above and below by the burner air introduced through said air slits or air nozzles; wherein, optionally, further burner air is introduced into the combustion chamber by means of one or more horizontally extending rows of air slits or air nozzles (9, 13), wherein the fuel flow is divided horizontally by said burner air; wherein the other part of the burner air is introduced into the combustion chamber via air slits or air nozzles (11) arranged on one side, which extend at least over the entire vertical extent of all fuel slits of the main burner, and vertically bounds the fuel flow of the associated main burner on one side, a side air flow being formed; wherein at least 20% of the burner air introduced by means of a main burner is introduced into the combustion chamber via the side air slits or air nozzles of the main burner such that a vertical stratification of fuel flow and burner air flow is produced; and wherein the concentration of the fuel flow increases from the side of the side air flow toward the opposite side, wherein a radial fuel gradation is produced. The invention further relates to a burner (1) and to a firing installation.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbrennung von festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen, insbesondere Kohlenstaub, bei dem der Brennstoffstrom über einen oder mehrere Hauptbrenner in einen Feuerraum(18) eingeführt und verbrannt wird, wobei der Brennstoffstrom des jeweiligen Hauptbrenners über einen Brennstoffschlitz (2) oder über mehrere in einer Vertikalebene angeordnete Brennstoffschlitze (2) in den Feuerraum eingeführt wird, wobei zusätzliche Brennerluft über Luftschlitze oder Luftdüsen in den Feuerraum eingeführt wird; wobei ein Teil der zusätzlichen Brennerluft mittels horizontal verlaufender Reihen von Luftschlitzen oder Luftdüsen (8,10) in den Feuerraum eingeführt wird, wobei der Brennstoffstrom von der durch diese Luftschlitze oder Luftdüsen eingeführten Brennerluft oberhalb und unterhalb begrenzt wird; wobei optional weitere Brennerluft mittels einer oder mehrerer horizontal verlaufender Reihen von Luftschlitzen oder Luftdüsen (9,13) in den Feuerraum eingeführt wird, wobei der Brennstoffstrom horizontal durch diese Brennerluft unterteilt wird; wobei der andere Teil der Brennerluft über einseitig angeordnete Luftschlitze oder Luftdüsen (11), welche sich mindestens über die gesamte vertikale Erstreckung aller Brennstoffschlitze des Hauptbrenners erstrecken, in den Feuerraum eingeführt wird und den Brennstoffstrom des jeweiligen Hauptbrenners, an einer Seite vertikal begrenzt und ein Seitenluftstrom ausgebildet wird; wobei mindestens 20% der über einen Hauptbrenner eingeführten Brennerluft über die seitlichen Luftschlitze oder Luftdüsen des Hauptbrenners in den Feuerraum eingeführt wird, so dass eine vertikale Schichtung zwischen Brennstoffstrom und Brennerluftstrom erzeugt wird; und wobei die Konzentration des Brennstoffstroms von der Seite des Seitenluftstroms zur gegenüberliegenden Seite hin zunimmt, wobei eine radiale Brennstoffstufung erzeugt wird. Die Erfindung betrifft weiterhin einen Brenner (1) und eine Feuerungsanlage.

Verfahren zur Stickoxid-armen Verbrennung von festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen, insbesondere Kohlenstaub, ein Brenner und eine Feuerungsanlage zur Durchführung des Verfahrens

Die Erfindung betrifft Verfahren zur Verbrennung von festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen, insbesondere Kohlenstaub, ein Brenner und eine Feuerungsanlage zur Durchführung des Verfahrens.

Technischer Hintergrund der Erfindung

Braunkohle liefert einen bedeutenden Beitrag zur Stromerzeugung. Braunkohle enthält üblicherweise einen hohen Wassergehalt, der während der Zerkleinerung in der Mühle durch Mischung mit heißem, aus dem Feuerraum abgesaugtem Rauchgas verdampft wird. Daraus ergibt sich am ein Partikel-Traggas-Gemisch, das einen hohen Anteil an Wasserdampf enthält und die Zündeigenschaften am Brennstoffaustritt beeinträchtigt. Aufgrund der großen Transportgas-Volumenströme in Verbindung mit den aus dem geringeren Heizwert resultierenden größeren Braunkohlemassenströmen, ergeben sich zur Einhaltung vorgegebener Geschwindigkeiten des Traggas-Partikel-Gemischs große Querschnitte für die Brenner. Braunkohlenstaubbrenner werden meist als Strahlbrenner (auch Register- oder Schlitzbrenner genannt) mit rechteckigen Querschnitten eingesetzt. Typischerweise werden in den Mittelebenen aber auch ober- und unterhalb des Staubaustritts Luftdüsen zur Zuführung von Unterluft, Mittelluft und Oberluft vorgesehen. Der Brenner teilt sich in zwei Finger, die wiederum jeweils von einer Kernluft horizontal getrennt werden. Unterhalb des unteren Fingers befindet sich die Unterluftzugabe, zwischen beiden Fingern die Zwischen- oder Mittelluft und oberhalb des oberen Brennerfingers die Oberluft.

Die DE 37 31 271 C2 beschreibt einen Braunkohle-Strahlbrenner, der zwischen Unter-, Mittel- und Oberluftöffnung und dem zugeordneten Staub-Traggas-Gemisch-Querschnitt jeweils durch einen weiteren Querschnitt Rauchgas zugibt, um die Luft vom Brennstoff zu trennen. Definiertes Ziel war hiermit eine verzögerte Zündung zu erreichen, um Verbrennungsspitzentemperauren zu vermeiden und dadurch die Verschlackungsneigung des Feuerraums durch Braunkohlenasche zu reduzieren.

In Abhängigkeit des aus der verdampften Braunkohlefeuchte resultierenden Wasserdampfgehalts im Traggas, kann eine Trennung des Partikel-Traggas-Gemischs in einen mit Partikeln angereicherten und einen abgereicherten Anteil mittels sogenannter Brüdentrennung sinnvoll sein. Eine Vorrichtung dazu offenbart beispielsweise die DE-OS 29 33 528 A1, wobei ein Drallkörper in der Staubleitung von der Mühle zu den Brennern dafür sorgt, das eine brennstoffreiche und eine brennstoffarme (Brüden) Teilströmung entsteht, die dann individuellen Brennern zugeführt wird. Nach dieser Art der „Brüdentrennung“ werden die Teilströme zu Strahlbrennern geführt, wobei der mit Brennstoff angereicherte Teilstrom zu zwei Brennern (Hauptbrenner) im unteren Feuerraumbereich und der brennstoffarme Brüdenstrom zu einem separaten Brenner oberhalb der Hauptbrenner geführt wird.

Die Integration des Brüdenstaubstroms in einen Braunkohle-Strahlbrenner mittels separater Düsen offenbart die DE PS 37 31 271 C2. Hier wird ebenfalls eine Brüdentrennung vollzogen, um die Hauptbrenner mit einem mit Brennstoff angereicherten Strom zu versorgen. Der abgetrennte Brüdenstrom wird jedoch nicht über einen separaten Brüdenbrenner in den Feuerraum eingeblasen, sondern in einem Filter entstaubt und „über Dach“, also nicht in den Kessel zurück, freigesetzt. Der im Filter abgeschiedene Staubstrom wird separat durch den Braunkohle-Strahlbrenner über eine eigene Düse mit in den Feuerraum gegeben.

Ein weiterer Ansatz, um die bisherigen Nachteile der Strahlbrenner zu umgehen war die Konstruktion eines Rundbrenners für Braunkohlenstaub, wie z.B. in der EP 0 670 454 B1 dargelegt. Hierbei erfolgt innerhalb der konzentrischen Ringspalte des Rund-

Brenners selbst eine Brüden-Trennung indem durch Drallschaufeln eine partikelreiche und eine partikelarme Schicht innerhalb des Staubringspalts erzeugt wird. Die Zufuhr von Verbrennungsluft erfolgt über außen liegende, ebenfalls konzentrische Ringspalten um den Staub-Traggas-Ringquerschnitt herum.

Für die Anordnung der Brenner am Feuerraum kommt im Falle der Braunkohleverbrennung fast ausschließlich das Prinzip der Tangentialfeuerung zum Einsatz. Tangentialfeuerung bedeutet, dass die Brenner von der Wand oder aus den Ecken tangential auf einen gedachten Kreis feuern, den sogenannten Brennkreis oder Feuerkreis. Das Zusammenspiel aller Brenner bewirkt eine rotierende Strömung im Feuerraum und somit im Wesentlichen eine verbesserte Vermischung, Homogenisierung des Temperaturfeldes und Erhöhung der Verweilzeit. Derartige Tangential-Feuerungen sind beispielsweise in der DE-OS 35 31 571 als Wandfeuerung oder in der DE-PS 195 14 302 C2 als Eckenfeuerung beschrieben. In der DE-PS 195 14 302 C2 wird die bezogen auf den Feuerkreis radiale Stufung der Luft mittels abgewinkelter Luftdüsen beschrieben.

Im Falle der Braunkohlefeuerung werden aufgrund der hohen Brennstoffmassenströme meist 6 bis 8 Mühlen eingesetzt, die jeweils eine Brennergruppe versorgen. Daher ist die Eckenfeuerung weniger geeignet, stattdessen werden auf den Wänden die 6 bis 8 Brennergruppen angeordnet, wozu die DE-OS 35 31 571 ein entsprechendes Verfahren beschreibt.

Bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Dampferzeugung entstehen Stickstoffoxide (NO_x). Die gesetzlichen Bestimmungen zur Reinhaltung der Luft lassen eine NO_x-Emission nur in immer engeren Grenzen zu. Daher müssen entsprechend den gesetzlichen Vorgaben Maßnahmen zur Steuerung des Verbrennungsprozesses etabliert werden, so dass nur wenig NO_x entsteht und in die Atmosphäre gelangt.

Die Bildung von NO_x unterliegt komplexen Reaktionsmechanismen, wobei die wichtigsten NO_x-Quellen die Oxidation des Stickstoffs der Verbrennungsluft (thermisches NO_x) und die Oxidation des Brennstoffstickstoffs (Brennstoff-NO_x) sind.

Thermisches NO_x entsteht im Wesentlichen bei Temperaturen, die größer sind als etwa 1200°C bis 1500°C, weil erst bei diesen Temperaturen der in der Luft vorhandene molekulare Sauerstoff merklich in atomaren Sauerstoff (thermische Oxidation) übergeht und sich mit dem Stickstoff der Luft verbindet. Die Bildungsrate des thermischen NO_x hängt exponentiell von der Temperatur ab und ist proportional zur Sauerstoffkonzentration.

Die im Brennstoff enthaltenen primären Stickstoffverbindungen zerfallen zunächst in sekundäre Stickstoffverbindungen (einfache Amine und Cyanide), die im Verlauf der Verbrennung konkurrierend entweder zu NO_x oder zu N_2 umgewandelt werden. Bei Sauerstoffmangel wird die Bildung von N_2 bevorzugt bzw. die NO_x-Bildung unterdrückt oder sogar rückgängig gemacht. Die Bildung von Brennstoff NO_x ist nur wenig temperaturabhängig und läuft auch bei niedrigen Temperaturen ab.

Die Maßnahmen zur Reduzierung der NO_x-Emission richten sich auf eine Senkung der Verbrennungstemperatur und das Erzeugen eines Sauerstoffmangels bei der Verbrennung.

Bei Brennern mit geringer NO_x-Emission wurden z.B. die stufenweise Zuführung der Verbrennungsluft und die Rauchgasrückführung verwirklicht.

Bei solchen Stufenbrennern wird die gesamte Verbrennungsluft in Primärluft und Stufenluft aufgeteilt. Ein Teil des rezirkulierten Rauchgases wird mit der Primärluft durch den Brennerkern aufgegeben, der andere mit kalter Frischluft als Stufenluft zugeführt.

Ein wesentliches Merkmal bei Feuerungsanlagen mit mehreren übereinanderliegenden Brennerebenen ist, dass der Temperaturverlauf des Rauchgases entlang der Längsachse des Feuerraumes ein Maximum aufweist. Im Bereich um das Temperaturmaximum, im sogenannten Hochtemperaturbereich, setzt eine verstärkte Bildung von thermischem NO_x ein.

Eine weitere Reduzierung der NO_x-Emission kann daher durch gezielte Beeinflussung des Verbrennungsprozesses im Feuerraum, z.B. durch eine zusätzliche Luft- oder Brennstoffstufung, erreicht werden.

Bei der Luftstufung im Feuerraum erhalten die Brenner nur einen Teil der zur vollständigen Verbrennung notwendigen Luftmenge. Die restliche Luft wird z.B. bei dem sogenannten OFA-Verfahren (Over-Fire-Air) oberhalb der Brenner in den Feuerraum eingeblasen.

Zur stickoxidarmen Verbrennung von Kohlenstaub in einer Brennkammer ist bekannt das Oxidationsmittel, meistens in Form von Luft, gestuft zuzuführen.

Der Brennstoff, z.B. Braunkohlenstaub, wird mit der Sekundärluft in die Brennkammer, z.B. mittels in der Brennkammerwand eingebauten Strahlbrennern, dabei so eingebracht, dass vorerst nur eine unterstöchiometrische Verbrennung stattfinden kann. Dadurch wird erreicht, dass möglichst wenig NO_x entsteht bzw. in einer anschließenden Reduktionszone reduziert wird. Zur völligen Umsetzung des Brennstoffes erfolgt eine weitere Zugabe von Luft (Ausbrandluft) oberhalb der Strahlbrenner in einer so genannten Luftstufung. Durch eine überstöchiometrische Zugabe der Luft wird hierbei eine Reduzierung des bei der unterstöchiometrischen Verbrennung entstandenen CO erreicht.

Die DE 35 31 571 A1 offenbart ein Verfahren zum Verfeuern von Brennstoffen unter Reduzierung der Stickoxidbelastung sowie eine Feuerung zur Durchführung des Verfahrens. Dabei wird insbesondere Kohlenstaub über Hauptbrenner tangential in einen rechteckigen bzw. quadratischen Feuerraum eingeführt und zusätzlich Reduktionsbrennstoff über Reduktionsbrenner zur Reduktion der bei der Verbrennung des Hauptbrennstoffs entstehenden Stickoxide ebenfalls in den Feuerraum eingeführt und unterstöchiometrisch verbrannt. Weiterhin wird zur Umsetzung des Hauptbrennstoffes oberhalb der Zufuhr von Haupt- und Reduktionsbrennstoff Ausbrandluft zugeführt. Die Zuführung aller Reaktionspartner geschieht dabei derart, dass eine

schraubenförmige aufsteigende Strömung im Feuerraum aufgebaut wird. Es bilden sich durch die gestufte Zuführung des Reduktionsbrennstoffes eine Verbrennungszone im Bereich der Hauptbrenner mit einer unterstöchiometrischen Verbrennung sowie eine Ausbrandzone oberhalb der Zuführung der Ausbrandluft aus. Problematisch war in diesem Zusammenhang die bis dahin ungenügende Reduzierung des gebildeten NO_x aufgrund der schraubenförmig aufsteigenden gasförmigen und festen Stoffe und eine mangelhafte Durchmischung zwischen Rauchgasen aus der primären Verbrennungszone sowie dem Reduktionsbrennstoff.

Um dem Problem zu begegnen, sind die Reduktionsbrenner nahe dem ihm zugeordneten Hauptbrenner mindestens mit einem seitlichen Abstand angeordnet und so ausgerichtet, dass bei Betrieb der Tangentialfeuerung der über den Reduktionsbrenner eingedüste Reduktionsbrennstoff an einer vorgegebenen Stelle in die dem Hauptbrenner zuzuordnende Primärflamme eingemischt wird.

Durch die mittels Reaktionsbrenner zusätzlich im Bereich der Hauptbrenner eingebrachten Brennstoff erfolgt eine weitere Reduzierung des Sauerstoffgehalts, d.h. der infolge der unterstöchiometrischen Fahrweise im unmittelbaren Brennerbereich vorhandene Sauerstoffmangel zur Erreichung einer NO_x-armen Verbrennung wird weiter durch die zusätzlichen Reduktionsbrenner verstärkt, womit eine Korrosionsgefahr der Brennkammerwände weiterhin bestand.

In der EP 1 731 832 wird eine Weiterentwicklung vorgeschlagen, wobei der Brenner aus einem oder mehreren Hauptbrennern besteht und Brennstoffdüsen durch Unterluftdüsen, Zwischenluftdüsen und Oberluftdüsen horizontal begrenzt werden, wobei beidseitig jeder Brennstoffdüse zusätzliche Seitenluftdüsen ohne seitlichen Abstand zu den Brennstoffdüsen angeordnet sind. Bei dieser Konstruktion können die zusätzlichen Seitenluftdüsen die gleiche vertikale Erstreckung wie die Brennstoffdüsen aufweisen oder sich über die gesamte vertikale Länge des Hauptbrenners erstrecken. Mit dieser Anordnung wurde erreicht, dass der Brennstoffstrahl eine seitliche Fixierung erfährt, d.h. es wurde Sauerstoff unmittelbar seitlich der Brennstoffdüse, also in den Bereichen, welche zu Rezirkulationsströmungen neigen, zur

Verfügung gestellt. Damit wurde der bis dahin dort unmittelbar herrschende Sauerstoffmangel beseitigt sowie die Berührung von unverbrannten Gasen mit der Wand der Brennkammer vermieden.

Im Dokument EP 1 731 832 wird weiterhin eine Tangentialfeuerung beschrieben. Dabei sind die Achsen der Hauptbrenner auf einen Kreis der Brennkammerlängsachse gerichtet. Der Hauptbrenner besteht aus drei rechteckigen Brennstoffdüsen, die unten durch die Unterluftdüse und oben durch die Oberluftdüse begrenzt sind. Zwischen den einzelnen Brennstoffdüsen sind Zwischenluftdüsen angeordnet. Die Unterluftdüsen, die Oberluftdüsen und die Zwischenluftdüsen sind über die gesamte Breite der Brennstoffdüse angeordnet. Über die Brennstoffdüsen wird das Kohlenstaub-Rauchgas-Gemisch in die Brennkammer eingetragen. Die Brennstoffdüsen weisen Mittenkernluftrohre bzw. -düsen in kreuzförmiger Anordnung auf. Über die Oberluftdüse, die Zwischenluftdüse und die Unterluftdüse wird der Brennkammer so viel Sekundärluft zugeführt, dass mit dem eingedüsten Kohlenstaub eine unterstöchiometrische Verbrennung stattfinden kann. Eine weitere Luftzugabe für den kompletten Ausbrand erfolgt oberhalb der oberen Hauptbrenner über die Ausbrandluftdüsen.

Weitere Abwandlungen der Kohlenstaubbrenner für rohbraunkohlegefeuerte Dampferzeuger werden hauptsächlich als Registerbrenner bzw. als Schlitzbrenner ausgeführt. Die Geometrie des Brenners hängt im Wesentlichen von den eingesetzten Luft- und Kohlenstaubmassenströmen ab. Der Anmelder verwendet im Stand der Technik drei Grundvarianten, wovon eine in Figur 1 gezeigt wird. Die gezeigte Variante ist mit zwei Brennerfingern ausgestattet, wobei jeder Brennerfinger horizontale Mittenkernluftrohre bzw. –düsen aufweist. Weiterhin sind bei dieser Bauweise die Brennerfinger durch Unterluftschlitz, Zwischenluftschlitz und Oberluftschlitz horizontal begrenzt. Die Mittenkernluftrohre teilen den Brennerfinger in zwei Brennerhalbfinger und sorgen neben der Teilnahme am Verbrennungsprozess auch für die Kühlung der Staubfinger wenn der Brenner außer Betrieb ist. Bei diesem Brennerkonzept wird der Hauptsekundärluftstrom ober-, zwischen und unterhalb des Brennstoffstrahles eingeblasen. Das kennzeichnende oder besondere Merkmal bei diesem herkömmlichen Brenner ist die horizontale Schichtung zwischen Kohlen-

staubstrom und dem Hauptsekundärluftstrom. Durch diese Luftstufung erfolgt einerseits am Gesamtbrennstrahl eine Rezirkulation von heißem Rauchgas, die für eine sichere Zündung erforderlich ist. Andererseits werden durch diese Luftstufung die primären Schadstoffemissionen, insbesondere die Stickoxid-Bildung, aufgrund der Absenkung des O_2-Angebotes durch eine niedrige Luftzahl (Luft-/Brennstoff-Verhältnis) im Brennergürtelbereich reduziert. Wegen der horizontalen Schichtung von Verbrennungsluft und Kohlenstaub wird eine langsame Mischung der beiden Komponenten erreicht.

Aufgabe der Erfindung

Die Probleme der Brenner des Standes der Technik stellen weiterhin die primäre NO_x-Bildung, die Wandkorrosion und Verschlackung dar.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es daher die primäre NO_x-Bildung und die Wandkorrosion und Verschlackung im Brennergürtelbereich weiter zu verringern.

Die technische Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Verbrennung von festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen, insbesondere Kohlenstaub, bei dem der Brennstoffstrom über einen oder mehrere Hauptbrenner in einen Feuerraum eingeführt und verbrannt wird,
wobei der Brennstoffstrom des jeweiligen Hauptbrenners über einen Brennstoffschlitz oder über mehrere in einer Vertikalebene angeordnete Brennstoffschlitze in den Feuerraum eingeführt wird,
wobei zusätzliche Brennerluft (Sekundärluft) über Luftschlitze oder Luftdüsen in den Feuerraum eingeführt wird;
wobei ein Teil der zusätzlichen Brennerluft mittels horizontal verlaufender Reihen von Luftschlitzen oder Luftdüsen in den Feuerraum eingeführt wird, wobei der Brennstoffstrom von der durch diese Luftschlitze oder Luftdüsen eingeführten Brennerluft oberhalb und unterhalb begrenzt wird; wobei optional weitere Brennerluft mittels einer oder mehrerer horizontal verlaufender Reihen von Luftschlitzen oder

Luftdüsen in den Feuerraum eingeführt wird, wobei der Brennstoffstrom horizontal durch diese Brennerluft unterteilt wird;
gemäß der Erfindung wird der andere Teil der Brennerluft über einseitig angeordnete Luftschlitze oder Luftdüsen, welche sich mindestens über die gesamte vertikale Erstreckung aller Brennstoffschlitze des Hauptbrenners erstrecken, in den Feuerraum eingeführt, wobei diese seitlich eingeführte Brennerluft den Brennstoffstrom des jeweiligen Hauptbrenners, an einer Seite vertikal begrenzt und einen Seitenluftstrom ausbildet;
dabei wird mindestens 20% der über einen Hauptbrenner eingeführten Brennerluft über die seitlichen Luftschlitze oder Luftdüsen des Hauptbrenners in den Feuerraum eingeführt, so dass eine vertikale Schichtung zwischen Brennstoffstrom und Brennerluftstrom erzeugt wird; und
die Konzentration des Brennstoffstroms nimmt von der Seite des Seitenluftstroms zur gegenüberliegenden Seite hin zu, wobei eine radiale Brennstoffstufung erzeugt wird.

Der Begriff „Schichtung“ bedeutet, dass mindestens zwei benachbarte Schichten von Massenströmen erzeugt werden, beispielsweise bei der horizontalen Schichtung die abwechselnden Schichten Brennerluftstom (die z.B. über die Oberluftdüsen, Unterluftdüsen, Zwischenluftdüsen und Mittenkernluftdüsen eingedüst werden) und Brennstoffstrom, d.h. eine Linie entlang der Vertikalen passiert verschiedene Schichten. Bei der vertikalen Schichtung liegen abwechselnde Schichten von Brennstoffstrom und Seitenluftstrom vor, d.h. eine Linie entlang der Horizontalen passiert verschiedene Schichten.

Der Begriff „Stufung“ bedeutet, dass innerhalb eines Massenstroms, d.h. innerhalb einer Schicht des Brennstoffstroms oder eines Luftstroms, eine unterschiedliche Dichte der Teilchen vorliegt. Bei einer horizontalen Stufung, bzw. bei einer „radialen Stufung“ bezogen auf den in einer horizontalen Ebene liegenden gedachten Feuerkreis, verändert sich die Konzentration bzw. Dichte der Teilchen des jeweiligen Stroms entlang einer horizontalen Linie. Man könnte daher auch von einem horizontal verlaufenden Gradienten sprechen.

Das Einführung des Hauptsekundärluftstroms in den Feuerraum über „einseitig" angeordnete Luftschlitze oder Luftdüsen, welche sich mindestens über die gesamte vertikale Erstreckung aller Brennstoffschlitze des Hauptbrenners erstrecken, ist gemäß der Erfindung so zu verstehen, dass solche Seitenluftschlitze- bzw. düsen lediglich an einer Seite des Brenners angeordnet sind, und nicht an beiden Seiten.

Weiterhin ist die Erstreckung der einseitig angeordneten Luftschlitze oder Luftdüsen, über die gesamte vertikale Erstreckung aller Brennstoffschlitze des Hauptbrenners gemäß der Erfindung so zu verstehen, dass die Seitenluftschlitze- bzw. düsen mindestens über die vertikale Strecke von der Unterkante des untersten Brennstoffschlitzes bis zur Oberkante des obersten Brennstoffschlitzes des jeweiligen Hauptbrenners angeordnet sind, und ggf. weitere nach unten und/oder oben angeordnet werden können.

Als „Brennerluft" oder „Sekundärluft" wird die Luft bezeichnet, die mittels separater Luftschlitze oder Luftdüsen unmittelbar benachbart zu den Brennstoffschlitzen oder Brennstoffdüsen in den Feuerraum eingeführt wird. Falls Luft als Trägermedium oder ein Teil davon für den Brennstoff verwendet wird, und somit über die Brennstoffschlitze oder Brennstoffdüsen eingeführt wird, wird diese als Primärluft bezeichnet.

Die zusätzliche Brennerluft wird über horizontal verlaufende Reihen von Luftschlitzen oder Luftdüsen in den Feuerraum eingeführt. Diese sind mindestens oberhalb des obersten Brennstoffschlitzes und unterhalb des unteren Brennstoffschlitzes angeordnet. So wird der Brennstoffstrom von der durch diese horizontal verlaufenden Reihen von Luftschlitzen oder Luftdüsen eingeführten Brennerluft oberhalb und unterhalb begrenzt.

In einem bevorzugten Verfahren strömen mindestens 30%, vorzugsweise mindestens 40%, mindestens 50%, mindestens 60%, mindestens 70%, mindestens 80%, mindestens 85%, mindestens 90%, mindestens 95% des über den Hauptbrenner

eingeführten Luftstroms über die seitlichen Luftschlitze oder Luftdüsen des Hauptbrenners in den Feuerraum.

Die beschriebene Anordnung von Luft- und Brennstoffschlitzen bzw. –düsen dient der NO_x-armen Verbrennung. Über die Brennstoffschlitze wird vorzugsweise Kohlenstaub bzw. bevorzugt ein Kohlenstaub-Rauchgas-Gemisch, insbesondere ein Braunkohlenstaub-Rauchgas-Gemisch in den Feuerraum eingeführt. Über die Seitenluftschlitze bzw. –düsen, und die horizontal verlaufenden Reihen von Luftschlitzen bzw. Luftdüsen (wie etwa Oberluftdüsen, Unterluftdüsen, Zwischenluftdüsen und Mittenkernluftdüsen), wird soviel Luft zugeführt, dass mit dem eingedüsten Brennstoff eine unterstöchiometrische Verbrennung stattfinden kann ($\lambda = 0{,}8 – 0{,}99$).

In einem weiteren bevorzugten Verfahren wird der Brennerluftstrom über seitliche Luftschlitze oder Luftdüsen in den Feuerraum eingeführt, wobei der Abstand zwischen dem Mittelpunkt des Luftschlitzes bzw. der Luftdüse zur benachbarten Kante des Brennstoffschlitzes höchstens ½ der horizontalen Abmessung des Brennstoffschlitzes ist.

In dem Verfahren wird im Feuerraum eine schraubenförmige, aufsteigende Strömung aufgebaut, wobei in bevorzugter Weise der über die seitlichen Luftschlitze oder Luftdüsen in den Feuerraum eingeführte Brennerluftstrom bezogen auf den Drehsinn der schraubenförmigen Strömung voreilend zum Brennstoffstrom eingeführt wird.

In einem weiteren bevorzugten Verfahren wird die vertikale Schichtung zwischen Brennstoffstrom und Brennerluftstrom derart aufgebaut, dass die Schicht des Brennerluftstroms zwischen der Wand des Feuerraums und dem Brennstoffstrom, und der Brennstoffstrom zwischen dem Brennerluftstrom und der zentralen Längsachse des Feuerraums verläuft.

Insbesondere ist ein Verfahren bevorzugt, bei dem das Verhältnis der vertikalen Ausdehnung zur horizontalen Ausdehnung der Schicht des Brennstoffstroms eines

Hauptbrenners am Austritt in den Feuerraum mindestens 1,0:1, bevorzugt mindestens 1,5:1, weiter bevorzugt mindestens 2,0:1, noch weiter bevorzugt mindestens 2,5:1, weiter bevorzugt mindestens 3,0:1, noch weiter bevorzugt mindestens 3,5:1 und besonders bevorzugt mindestens 4,0:1 beträgt. Diese Maßnahmen fördern die Ausbildung einer vertikalen Schichtung.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung wird weitere Brennerluft mittels einer oder mehrerer horizontaler Reihen von Luftschlitzen oder Luftdüsen in den Feuerraum eingeführt, wodurch der Brennstoffstrom horizontal durch diese Brennerluft unterteilt wird.

Radiale Luftstufung

In einem bevorzugten Verfahren nimmt die Menge der über die eine oder die mehreren horizontal verlaufenden Reihen von Luftschlitzen bzw. Luftdüsen in den Feuerraum eingeführten Brennerluft in Richtung Seitenluftschlitze bzw. Seitenluftdüsen zu. Hierbei wird eine radiale Luftstufung erzeugt. Bei dieser Verfahrensführung erfolgt die Luftstufung am Brenner vom Feuerraum aus gesehen in radialer Richtung. Dies bedeutet, dass die Seitenluft so eingedüst wird, dass sie einen bezogen auf den Feuerkreis außen liegenden Schleier bildet. An den Brennerluftdüsen wird die eingedüste Luftmenge in Rotationsrichtung der Feuerraumströmung (also nach außen hin) erhöht. Vom Brenner aus gesehen handelt es sich um eine horizontale Luftstufung, weil entlang der Horizontalen die Menge der eingedüsten Luft entlang der horizontal verlaufenden Reihe(n) von Luftschlitzen bzw. Luftdüsen gesteigert wird, nämlich in Richtung der Seite des Brenners, an der die Seitenluftdüsen angeordnet sind.

Durch die radiale/horizontale Luftstufung am Brenner erfolgt auch eine radiale Luftstufung am Feuerkreis. Dies hat zur Folge, dass sich die Luft zeitverzögert einmischt, was die Bildung von Primär-NO_x unterdrückt. Die radiale Luftstufung sorgt außerdem für eine überwiegend oxidierende Atmosphäre in Wandnähe, was ein wichtiges Kriterium für die Unterdrückung von Korrosion ist. Sauerstoff, also oxidierende Verhältnisse, an der Wand verhindern Korrosion der Feuerraumwände.

Vertikale Luftstufung

Wie oben erwähnt, wird die Brennerluft mittels einer oder mehrerer horizontal verlaufender Reihen von Luftschlitzen bzw. Luftdüsen in den Feuerraum eingeführt, wobei der Brennstoffstrom oberhalb und unterhalb begrenzt wird, sowie ggf. horizontal unterteilt wird. In bevorzugter Weise nimmt die Menge der über diese Luftschlitze bzw. Luftdüsen eingeführten Brennerluft von oben nach unten, von unten nach oben oder von oben und unten in Richtung Mitte des Brenners zu, d.h. es wird eine

vertikale Luftstufung erzeugt. Es handelt sich um eine vertikale Luftstufung, weil entlang der Vertikalen die Menge der eingedüsten Luft variiert wird.

Diese vertikale Luftstufung wird bevorzugt zusammen mit der oben beschriebenen radialen Luftstufung zum vorteilhaften Betrieb im Brenner vorgenommen. Dazu werden in Unterluft, Oberluft und ggf. Zwischenluft jeweils unterschiedliche Luftmengen eingestellt. Zusätzlich kann in weiter bevorzugter Weise auch die Seitenwandluft über die Höhe variiert werden. Die exakte Einstellung hängt von den Brennstoffeigenschaften, wie etwa Mahlfeinheit, Wassergehalt und Reaktivität, aber auch von der Feuerraumgeometrie und -strömung ab. Eine vorteilhafte Einstellung kann bevorzugt so vorgenommen werden, dass in der Unterluft die Luftmenge größer eingestellt wird als in der Zwischenluft und Oberluft. Der Grund hierfür ist je nach Reaktivität der Kohle und/oder je nach Mahlfeinheit die Unterluftmenge zu erhöhen, um unverbrannte Partikel, die in den Trichter fallen, zu reduzieren. Grundsätzlich erlaubt der Brenner eine zweidimensionale Luftstufung (in radialer und gleichzeitig in vertikaler Richtung) um ein optimale Anpassung an den aktuellen Brennstoff zu ermöglichen.

Radiale Brennstoffstufung

In dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine radiale Brennstoffstufung vorgenommen, das heißt die Konzentration des Brennstoffstroms nimmt entlang der Horizontalen zu, und zwar innerhalb des Brennstoffstroms entlang der Horizontalen von der Seite, die von dem Seitenluftstrom begrenzt wird, zur gegenüberliegenden Seite. Dabei steigt entgegen der Rotationsrichtung der Feuerraumströmung (also von außen nach innen) die Partikeldichte im Brennstoffstrom an. Damit erfolgt die radiale Brennstoffstufung entgegen der Richtung der radialen Luftstufung. In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens beträgt der Unterschied der Konzentration des Brennstoffs am Brennstoffaustritt (des Brennstoffschlitzes) an der dem Seitenluftstrom zugewandten Kante im Vergleich zur gegenüberliegenden Kante mindestens 5%.

Um eine radiale Brennstoffstufung zu erreichen wird die Gestaltung des Zufuhrkanals zum Brennstoffaustritt so ausgeführt, dass durch die Strömungsführung eine lokale Anreicherung des Brennstoffpartikelstroms erfolgt. Die Bildung von Primär-NO_x wird so weiter unterdrückt. So enthält der Brenner in den Brennstoffschlitzen oder in den Zufuhrkanälen der Brennstoffschlitze Mittel zu Strömungsumlenkung, um die Konzentration des durch die Brennstoffschlitze eingeführten Brennstoffstroms von der Seite der seitlichen Luftschlitze bzw. Luftdüsen zur gegenüberliegenden Seite hin zu erhöhen. Dabei wird eine radiale Brennstoffstufung erzeugt. Diese Mittel zur Strömungsumlenkung in den Brennstoffschlitzen oder deren Zufuhrkanäle sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus i) einer einseitigen Verjüngung des Zufuhrkanals, wobei die Verjüngung im Zufuhrkanal auf der Seite angeordnet ist, die den Seitenluftschlitzen bzw. –düsen benachbart ist; ii) Schikanen; iii) Lenkklappen; iv) Krümmung des Zufuhrkanals. Die Partikel werden durch Strömungsumlenkung auf die Seite des Brenners geführt, die der Seite der Seitenluftdüsen bzw. dem Seitenluftstrom gegenüberliegt. Dadurch wird die Einmischung der Verbrennungsluft in den Traggas-Brennstoffstrom verzögert und es bildet sich eine ausgedehntere Entgasungszone aus. Zudem bildet sich eine Zone der unterstöchiometrischen Verbrennung aus. Diese Umstände führen zu einer verringerten Produktion von NO_X.

In einem weiteren bevorzugten Verfahren wird der über die seitlichen Luftschlitze bzw. Luftdüsen eingeführte Luftstrom so ausgerichtet, dass dieser um einen Winkel von 2° bis 20°, vorzugsweise von 5° bis 15°, von der Ausrichtung des Brennstoffstroms weg geneigt in den Feuerraum eingeführt wird. Auch dadurch wird die Einmischung der Verbrennungsluft in den Traggas-Brennstoffstrom verzögert was zu einer Verringerung der Produktion von NO_X führt.

Auch eine weitere bevorzugte Maßnahme führt zu einer ausgedehnteren Entgasungszone mit unterstöchiometrischer Verbrennung, was zu einer Verringerung der Produktion von NO_X führt. Dabei wird der Brennstoffstrom um einen Winkel von 2° bis 30°, vorzugsweise von 5° bis 15°, bezüglich der Horizontalen nach unten geneigt in den Feuerraum eingeführt.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lässt sich die undefinierte Zündung, die Ungleichverteilung des Brennstoffes und die undefinierte Einmischung der Verbrennungsluft und deren negative Auswirkungen auf die NO_x-Emissonen beseitigen. In bevorzugten Verfahrensführungen ermöglicht die Erfindung eine verbesserte Verbrennung mit reduzierten NO_x-Emissionen mittels definierter Zündung, optimierter Luftstufung (radial und vertikal), optimierter Verbrennungslufteinmischung in den Traggas-Staub-Strahl und radialer Brennstoffstufung. Darüber hinaus werden mittels der oben genannten Maßnahmen vorteilhafte Eigenschaften während des Betriebs erreicht, nämlich eine Reduktion lokaler Temperaturspitzen, und dadurch eine Reduktion der Verschlackungsneigung und des in den Temperaturspitzen thermisch gebildeten NO_x. Weiterhin wird eine Verbesserung der Wandatmosphäre durch radiale Luftschleier bewirkt, wodurch die Korrosionsneigung an den Feuerraumwänden verringert wird.

Das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung führt zu einer Optimierung des Verbrennungsprozesses und zur Senkung der primären NO_x-Emissionen im Brennergürtelbereich. Bevorzugt wird die Verbrennungsluft im Gegensatz der Verwendung des klassischen Braunkohlebrenners im Wesentlichen radial gestuft. Die vertikale Schichtung zwischen Kohlenstaubstrom und Seitenluftstrom stellt das kennzeichnende Merkmal der vorliegenden Erfindung dar. Die Überlagerung der radialen Luftstufung im Brenner und der vertikalen Luftstufung im Feuerraum (über Oberluftdüsen) gewährleistet einen noch langsameren Mischeffekt der Luft in den Brennstoffstrahl und somit eine zusätzliche Unterdrückung der primären NO_x-Bildung.

Darüber hinaus versorgt die Seitenluft am Brenner die nächstliegenden Verdampferwände mit Verbrennungsluft, so dass sich dort moderate Rauchgastemperaturen und eine vergleichsweise hohe O_2-Wandatmosphäre einstellen. Dadurch wird das Risiko sowohl von Wandkorrosion als auch von Verschlackung im Brennergürtelbereich deutlich minimiert. In bevorzugten Verfahren wird die Ober-, Zwischen-

und Unterluft wird nicht mehr über Schlitze, sondern durch thermisch stabilere Rohrkonstruktionen eingeführt.

In einem weiteren bevorzugten Verfahren wird der Brennstoffstrom über einen oder mehrere Hauptbrenner tangential in den Feuerraum eingeführt, wobei der Brennstoffstrom oder die aus mehreren Hauptbrennern zugeführten Brennstoffteilströme auf einen Brennkreis im Feuerraum ausgerichtet ist bzw. sind.

Weiterhin ist bevorzugt, dass zur Sicherung des Ausbrands des in den Feuerraum eingeführten Brennstoffes oberhalb der Zufuhr des Brennstoffstroms Ausbrandluft zugeführt wird.

In einem weiteren bevorzugten Verfahren weist der Feuerraum einen rechteckigen, insbesondere einen quadratischen Querschnitt auf, wobei der Brennstoffstrom in Form einer Wandfeuerung, vorzugweise einer Allwandfeuerung in den Feuerraum eingeführt wird.

In weiteren bevorzugten Verfahren wird eine Feuerung verwendet, wobei zwei oder mehr erfindungsgemäße Brenner nebeneinander je Feuerraumwand angeordnet sind. In einem anderen bevorzugten Verfahren sind zwei oder mehr erfindungsgemäße Brenner übereinander je Feuerraumwand angeordnet. Besonders bevorzugt ist in einer ersten Ebene mindestens ein erfindungsgemäßer Brenner je Feuerraumwand und in einer zweiten Ebene ebenfalls mindestens ein erfindungsgemäßer Brenner je Feuerraumwand angeordnet, wobei die zweite Ebene oberhalb der ersten Ebene angeordnet ist. Dabei ist jeder Brenner einer Ebene auf einen Feuerkreis ausgerichtet, wobei der Feuerkreis der 1. Ebene zum Feuerkreis der 2. Ebene entlang der Vertikalen versetzt ist. In weiteren bevorzugten Verfahren wird eine Feuerung angewandt, wobei in der Feuerungsanlage entsprechend der beschriebenen 1. bzw. 2. Ebene weitere Ebenen mit den erfindungsgemäßen Brennern angeordnet. Insbesondere ist bevorzugt, dass in mindestens einer Brennerebene mindestens zwei erfindungsgemäße Brenner nebeneinander je Feuerraumwand angeordnet sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Verfeuern von Brennstoffen führt zur Reduzierung der Stickoxidbelastung. Dabei wird bevorzugt Braunkohlenstaub über Hauptbrenner tangential in einen rechteckigen bzw. quadratischen Feuerraum eingeführt und Luft vertikal geschichtet ebenfalls in den Feuerraum eingeführt. Weiterhin wird zur Umsetzung des Brennstoffes oberhalb dessen Zufuhr Ausbrandluft zugeführt. Die Zuführung aller Reaktionspartner geschieht dabei derart, dass eine schraubenförmige aufsteigende Strömung im Feuerraum aufgebaut wird. Es bilden sich durch die gestufte Zuführung des Reduktionsbrennstoffes eine Verbrennungszone im Bereich der Hauptbrenner mit einer unterstöchiometrischen Verbrennung sowie eine Ausbrandzone oberhalb der Zuführung der Ausbrandluft aus.

Zudem ist bevorzugt, dass ein zusätzlicher Luftstrom in Form einer Eckenfeuerung in den Feuerraum eingeführt wird.

In einem besonders bevorzugten Verfahren wird der Brennstoffstrom an Flammenstabilisatoren (Zähne), die direkt am Brennstoffaustritt (Kohlenstaubaustritt) der Brennstoffschlitze angebracht sind, vorbeigeführt. Diese Flammenstabilisatoren werden dienen zur stabilen Zündung des Kohlenstaub/Luft-Gemisches. Die Flammenstabilisatoren dienen dazu, die Staubteilchen zu verlangsamen und eine Turbulenz der Partikel zu erzeugen, um die Freigabe von flüchtigen Stoffen beschleunigen und die Zündung nah am Ausgang der Brenner zu stabilisieren. Je nach Zündwilligkeit der Kohle liegt die Versperrung des freien Querschnitts des Brennstoffschlitzes von 5 % bis 50 %.

In einem weiteren besonders bevorzugten Verfahren wird der Brennstoffstrom an Rampen, die direkt am Brennstoffaustritt der Brennstoffschlitze angebracht sind, vorbeigeführt. Diese Rampen dienen zur Sicherstellung der Zündung des Brennstoffes direkt am Brenner. Die Rampen verengen den Brennerzufuhrkanal in Richtung Austritt zunehmend. Die Rampen sorgen für eine weitere Erhöhung der Turbulenz am Brennstoffaustritt. Sie können sowohl einzeln als auch zusammen in Kombination mit Flammenstabilisatoren ausgeführt werden.

Die technische Aufgabe wird weiterhin gelöst durch einen Brenner für eine Feuerungsanlage zur Einführung eines Brennstoffstroms, insbesondere eines Kohlenstaubstroms in einen Feuerraum der Feuerungsanlage,
wobei der Brenner einen Brennstoffschlitz oder mehrere in einer Vertikalebene angeordnete Brennstoffschlitze aufweist,
wobei eine oder mehrere horizontale Reihen von Luftschlitzen oder Luftdüsen zumindest oberhalb und unterhalb der Brennstoffschlitze angeordnet sind,
wobei einseitig der Brennstoffschlitze Luftschlitze oder Luftdüsen angeordnet sind, welche sich mindestens über die gesamte vertikale Erstreckung aller Brennstoffschlitze des Brenners erstrecken; und
wobei der Brenner in den Brennstoffschlitzen oder deren Zufuhrkanäle Mittel zu Strömungsumlenkung enthält.

Der Brenner gemäß der vorliegenden Erfindung zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass

- der Brenner einen Brennstoffschlitz oder mehrere in einer Vertikalebene angeordnete Brennstoffschlitze aufweist,
- eine oder mehrere horizontale Reihen von Luftschlitzen oder Luftdüsen zumindest oberhalb und unterhalb der Brennstoffschlitze angeordnet sind, zur Begrenzung des Brennstoffstroms nach oben und unten mittels Brennerluft,
- einseitig der Brennstoffschlitze Luftschlitze oder Luftdüsen angeordnet sind, welche sich mindestens über die gesamte vertikale Erstreckung aller Brennstoffschlitze des Brenners erstrecken, zur Einführung von Brennerluft in den Feuerraum und zur vertikalen Begrenzung des Brennstoffstroms an einer Seite mittels eines Seitenluftstroms; und
- der Brenner in den Brennstoffschlitzen oder deren Zufuhrkanäle Mittel zu Strömungsumlenkung enthält, um die Konzentration des durch die Brennstoffschlitze eingeführten Brennstoffstroms von der Seite der seitlichen Luftschlitze bzw. Luftdüsen zur gegenüberliegenden Seite hin zu erhöhen, wobei eine radiale Brennstoffstufung erzeugt wird.

Wie bereits oben erwähnt bedeutet die „einseitige“ Anordnung der Luftschlitze oder Luftdüsen, dass solche Seitenluftschlitze- bzw. düsen lediglich an einer Seite des Brenners bzw. der Brennstoffschlitze oder –düsen angeordnet sind, und nicht an beiden Seiten.

Weiterhin ist die Erstreckung der einseitig angeordneten Luftschlitze oder Luftdüsen, über die gesamte vertikale Erstreckung aller Brennstoffschlitze des Hauptbrenners gemäß der Erfindung so zu verstehen, dass die Seitenluftschlitze- bzw. düsen mindestens über die vertikale Strecke von der Unterkante des untersten Brennstoffschlitzes bis zur Oberkante des obersten Brennstoffschlitzes des jeweiligen Hauptbrenners angeordnet sind, und ggf. weitere nach unten und/oder oben angeordnet werden können.

Die Mittel zur Strömungsumlenkung in den Brennstoffschlitzen oder deren Zufuhrkanäle können jegliche Ausgestaltung aufweisen, solange diese geeignet sind, die Konzentration des durch die Brennstoffschlitze eingeführten Brennstoffstroms entlang einer horizontalen Achse, d.h. von einer Seite des Brennstoffaustritts zur anderen, zu erhöhen, bzw. einen horizontal verlaufenden Brennstoffgradienten zu schaffen. Diese Mittel sind insbesondere ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus

i) einer einseitigen Verjüngung des Zufuhrkanals, wobei die Verjüngung im Zufuhrkanal auf der Seite angeordnet ist, die den Seitenluftschlitzen bzw. –düsen benachbart ist;

ii) Schikanen;

iii) Lenkklappen;

iv) Krümmung des Zufuhrkanals.

Die Brennstoffschlitze weisen vorzugsweise eine rechteckige oder quadratische Form auf.

In bevorzugten Ausführungsformen des Brenners für eine Feuerungsanlage ist der Hauptbrenner so konfiguriert, dass mindestens 20%, vorzugsweise mindestens 30%, mindestens 40%, mindestens 50%, mindestens 60%, mindestens 70%, mindestens

80%, mindestens 85%, mindestens 90%, mindestens 95% des über den Brenner eingeführten Luftstroms über die seitlichen Luftschlitze oder Luftdüsen strömen.

Besonders bevorzugt sind die seitlichen Luftschlitze oder Luftdüsen so angeordnet, dass der Abstand zwischen dem Mittelpunkt des Luftschlitzes bzw. der Luftdüse zur benachbarten Kante des Brennstoffschlitzes höchstens ½ der horizontalen Abmessung des Brennstoffschlitzes beträgt.

In einer ganz besonders bevorzugten Ausführungsform beträgt das Verhältnis der vertikalen Ausdehnung zur horizontalen Ausdehnung der Gesamtheit der Brennstoffschlitze des Brenners mindestens 1,0:1, bevorzugt mindestens 1,5:1, weiter bevorzugt mindestens 2,0:1, noch weiter bevorzugt mindestens 2,5:1, weiter bevorzugt mindestens 3,0:1, noch weiter bevorzugt mindestens 3,5:1 und besonders bevorzugt mindestens 4,0:1.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Ausrichtung der seitlichen Luftschlitze bzw. Luftdüsen um einen Winkel von 2° bis 20°, vorzugsweise von 5° bis 15°, von den Brennstoffschlitzen weg geneigt.

Besonders bevorzugt sind Brenner wobei eine oder mehrere horizontale Reihen von Luftschlitzen oder Luftdüsen zwischen den Brennstoffschlitzen angeordnet sind, zur horizontalen Unterteilung des Brennstoffstroms eines Brenners mittels Brennerluft.

Weiter bevorzugt ist der Brenner so konfiguriert ist, dass die Brennerluft mittels einer oder mehrerer horizontal verlaufender Reihen von Luftschlitzen bzw. Luftdüsen in den Feuerraum eingeführt wird, wobei der Brennstoffstrom horizontal unterteilt sowie oberhalb und unterhalb begrenzt wird, und insbesondere so konfiguriert, dass die über diese Luftschlitzen bzw. Luftdüsen eingeführte Luftmenge in Richtung Seitenluftschlitze- bzw. –düsen zunimmt, wobei eine radiale Luftstufung erzeugt wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist der Brenner so konfiguriert, dass die Brennerluft mittels einer oder mehrerer horizontal verlaufender Reihen von Luft-

schlitzen bzw. Luftdüsen in den Feuerraum eingeführt wird, wobei der Brennstoffstrom horizontal unterteilt sowie oberhalb und unterhalb begrenzt wird, und insbesondere so konfiguriert, dass die über diese Luftschlitzen bzw. Luftdüsen eingeführte Luftmenge von oben nach unten, von unten nach oben oder von oben und unten in Richtung Mitte des Brenners zunimmt, wobei eine vertikale Luftstufung erzeugt wird.

Mit dem Brenner gemäß der vorliegenden Erfindung lässt sich die undefinierte Zündung, die Ungleichverteilung des Brennstoffes und die undefinierte Einmischung der Verbrennungsluft und deren negative Auswirkungen auf die NO_x-Emissonen beseitigen. Insbesondere stellt die Erfindung einen verbesserten Brenner vom Typ „Strahlbrenner“ mit reduzierten NO_x-Emissionen mittels definierter Zündung, optimierter Luftstufung (radial und vertikal), optimierter Verbrennungslufteinmischung in den Traggas-Staub-Strahl und radialer Brennstoffstufung zur Verfügung. Darüber hinaus werden durch die erfindungsgemäßen Brenner mittels der oben genannten Maßnahmen vorteilhafte Eigenschaften während des Betriebs erreicht, nämlich eine Reduktion lokaler Temperaturspitzen, und dadurch eine Reduktion der Verschlackungsneigung und des in den Temperaturspitzen thermisch gebildeten NO_x. Weiterhin wird eine Verbesserung der Wandatmosphäre durch radiale Luftschleier bewirkt, wodurch die Korrosionsneigung an den Feuerraumwänden verringert wird.

In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform des Brenners sind zur Zündung des Brennstoffs an den Auslässen der einzelnen Brennstoffschlitze Flammenstabilisatoren (Zähne) angebracht. Diese Flammenstabilisatoren dienen der stabilen Zündung des Kohlenstaub/Luft-Gemisches. Die Stabilisatoren dienen dazu die Staubteilchen zu verlangsamen und eine Turbulenz der Partikel zu erzeugen, um die Freigabe von flüchtigen Stoffen beschleunigen und die Zündung nah am Ausgang der Brenner zu stabilisieren. Die Flammenstabilisatoren sind dabei am Brennstoffaustritt der Brennstoffschlitze angebracht und ragen in den Querschnitt des Brennstoffschlitzes hinein.

Die Form der Flammenstabilisatoren ist nicht begrenzt. So können die Flammenstabilisatoren eine abgerundete, rechteckige oder quadratische Form aufweisen. Die unterschiedlichen Zahnformen dienen prinzipiell demselben Zweck, nämlich durch Erzeugung örtlicher Turbulenz die Zündung zu begünstigen (Flammenhalter).

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform werden die Flammenstabilisatoren mit einer Stützrippe bzw. Versteifungsrippe an der feuerraumabgewandten Seite versehen. Diese Rippe erfüllt zwei Hauptaufgaben, nämlich i) der Versteifung des Flammenstabilisators aus konstruktiver Sicht, und ii) der Abfuhr bzw. Ableitung von Wärme.

Der Flammenstabilisator ist aus dem Feuerraum heraus einer großen thermischen Strahlung ausgesetzt. Zwar findet durch die kontinuierliche Anströmung von Traggas/Brennstaub-Gemisch eine Kühlung statt. Dennoch erfolgt durch die Rippe eine bessere Wärmeableitung. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn der Brenner außer Betrieb ist, also keine Kühlung durch das Traggas/Brennstaub-Gemisch erfolgt. Die im Fall, dass der Brenner außer Betrieb ist, dann üblicherweise aufgegebenen Kühlluftmengen sind vergleichsweise gering, so dass die verbesserte Wärmeableitung durch die Rippe erforderlich ist.

Die Flammenstabilisatoren können an allen Kanten des Austritts des rechteckigen oder quadratischen Brennstoffschlitzes angeordnet werden, i) an der oberen Horizontalen; ii) an der unteren Horizontalen; iii) an der Vertikalen zur Seitenluft; iv) an der Vertikalen gegenüber der Seitenluft. Es ist auch möglich, einzelne Kanten nicht mit Flammenstabilisatoren auszustatten.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform werden die Flammenstabilisatoren an den folgenden Kanten des Austritts des rechteckigen oder quadratischen Brennstoffschlitzes angeordnet: i) an der oberen Horizontalen; ii) an der unteren Horizontalen; iii) an der Vertikalen benachbart zu den Seitenluftdüsen- bzw. -Schlitzen; iv) an der Vertikalen gegenüber den Seitenluftdüsen- bzw. –Schlitzen, besonders bevorzugt insbesondere an der Vertikalen gegenüber den Seitenluftdüsen- bzw. –

Schlitzen. Bei einer besonders bevorzugten Variante dieser Ausführungsform werden die Flammenstabilisatoren an der Vertikalen benachbart zu den Seitenluftdüsen- bzw. –Schlitzen durchgehend an derselben angebracht, während die Flammenstabilisatoren an der oberen Horizontalen und an der unteren Horizontalen in Richtung der Kante benachbart über die ganze Kante verteilt zu den Seitenluftdüsen- bzw. –Schlitzen nicht durchgehend angebracht sind. Diese Situation wird in Figur 9 B dargestellt.

Als Flammenstabilisatoren können die oben aufgeführten Variationen zum Einsatz kommen, und insbesondere auch Kombinationen daraus an einem Brennstoffaustritt. Diese Situation wird in Figur 10 dargestellt.

Die von den Flammenstabilisatoren bezogen auf die freie Fläche $A_{frei,oben}$ = b * h2 für den oberen Staub-Halbfinger bzw $A_{frei.unten}$ = b * h1 (siehe Figur 9) für den unteren Staub-Halbfinger versperrte Fläche wird maßgeblich durch die Brennstoffeigenschaften und die vorangegangene Mahltrocknung bestimmt. Bei zündwilliger Kohle ist eine geringere Versperrung möglich. Bei zündunwilligerer Kohle ist eine größere Versperrung notwendig, um die die Zwischenraumgeschwindigkeit und damit die Turbulenz weiter zu erhöhen. Je nach Zündwilligkeit der Kohle liegt die Versperrung des freien Querschnitts der Traggas-Staub-Austrittsdüse von 5 % bis 50 %.

Um die Zündung des Brennstoffes direkt am Brenner weiterhin stabil sicherzustellen werden vorzugsweise Rampen am Brennstoffaustritt angebracht, die den Brennerzuführkanal in Richtung Austritt zunehmend verengen. Die Rampen sorgen für eine weitere Erhöhung der Turbulenz am Brennstoffaustritt. Sie können sowohl einzeln als auch zusammen in Kombination mit Flammenstabilisatoren ausgeführt werden. Die Rampen können außerdem horizontal und vertikal am Kohlenstaubaustritt angebracht werden. In Figur 11 ist ein Anwendungsbeispiel der Rampen dargestellt. Die Rampen sind in diesem Fall einzeln und an den horizontal verlaufenden Kanten des Brennstoffaustrittes angebracht.

Die technische Aufgabe wird weiterhin gelöst durch eine Feuerungsanlage zur Verbrennung von festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen, insbesondere Kohlenstaub, wobei mindestens je ein Brenner pro Feuerraumwand gemäß der vorliegenden Erfindung, wie oben beschrieben, angeordnet ist und diese Brenner tangential auf einen Brennkreis im Feuerraum ausgerichtet sind. Die in der Feuerungsanlage verwendeten Hauptbrenner weisen einen Brennstoffschlitz oder mehrere in einer Vertikalebene angeordnete Brennstoffschlitze auf,
wobei eine oder mehrere horizontale Reihen von Luftschlitzen oder Luftdüsen zumindest oberhalb und unterhalb der Brennstoffschlitze angeordnet sind, zur Begrenzung des Brennstoffstroms nach oben und unten mittels Brennerluft,
wobei einseitig der Brennstoffschlitze Luftschlitze oder Luftdüsen angeordnet sind, welche sich mindestens über die gesamte vertikale Erstreckung aller Brennstoffschlitze des Brenners erstrecken, zur Einführung von Brennerluft in den Feuerraum und zur vertikalen Begrenzung des Brennstoffstroms an einer Seite mittels der Brennerluft; und
wobei der Brenner in den Brennstoffschlitzen oder deren Zufuhrkanäle Mittel zu Strömungsumlenkung enthält, um die Konzentration des durch die Brennstoffschlitze eingeführten Brennstoffstroms von der Seite der seitlichen Luftschlitze bzw. Luftdüsen zur gegenüberliegenden Seite hin zu erhöhen, wobei eine radiale Brennstoffstufung erzeugt wird.

Die Feuerungsanlage weist einen rechteckigen, insbesondere einen quadratischen Querschnitt auf, wobei mindestens eine Wand, vorzugsweise mindestens zwei gegenüberliegende Wände, weiter bevorzugt alle Wände des Feuerraums jeweils mit mindestens einem Hauptbrenner, vorzugsweise zwei nebeneinander angeordneten Hauptbrennern, ausgestattet ist bzw. sind.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind die die Brenner tangential auf einen Brennkreis im Feuerraum ausgerichtet. Bevorzugt ist dabei die Feuerungsanlage so konfiguriert, dass bei Betrieb im Feuerraum eine schraubenförmige, aufsteigende Strömung aufgebaut wird, wobei bezogen auf den Drehsinn der schraubenförmigen

Strömung der über die seitlichen Luftschlitze oder Luftdüsen in den Feuerraum eingeführte Seitenluftstrom voreilend zum Brennstoffstrom eingeführt wird.

Weiterhin ist bevorzugt, dass bei Betrieb die vertikale Schichtung zwischen Brennstoffstrom und Seitenluftstrom derart aufgebaut wird, dass die Schicht des Seitenluftstroms zwischen der Wand des Feuerraums und dem Brennstoffstrom, und der Brennstoffstrom zwischen dem Seitenluftstrom und der zentralen Längsachse des Feuerraums verläuft.

Weiterhin sind die Brenner vorzugsweise in einem Winkel von 2° bis 30°, vorzugsweise von 5° bis 15°, bezüglich der Horizontalen nach unten geneigt ausgerichtet.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind zwei oder mehr erfindungsgemäße Brenner nebeneinander je Feuerraumwand angeordnet. In einer anderen bevorzugten Ausführungsform sind zwei oder mehr erfindungsgemäße Brenner übereinander je Feuerraumwand angeordnet.

Besonders bevorzugt ist in einer ersten Ebene mindestens ein erfindungsgemäßer Brenner je Feuerraumwand und in einer zweiten Ebene ebenfalls mindestens ein erfindungsgemäßer Brenner je Feuerraumwand angeordnet, wobei die zweite Ebene oberhalb der ersten Ebene angeordnet ist. Dabei ist jeder Brenner einer Ebene auf einen Feuerkreis ausgerichtet, wobei der Feuerkreis der 1. Ebene zum Feuerkreis der 2. Ebene entlang der Vertikalen versetzt ist. In weiteren bevorzugten Ausführungsformen sind in der Feuerungsanlage entsprechend der beschriebenen 1. bzw. 2. Ebene weitere Ebenen mit den erfindungsgemäßen Brennern angeordnet. Insbesondere ist bevorzugt, dass in mindestens einer Brennerebene mindestens zwei erfindungsgemäße Brenner nebeneinander je Feuerraumwand angeordnet sind.

Dabei ist besonders bevorzugt in einer ersten Ebene zwei oder mehr erfindungsgemäße Brenner nebeneinander je Feuerraumwand und vorzugsweise in einer zweiten Ebene ebenfalls zwei oder mehr erfindungsgemäße Brenner oberhalb der ersten Ebene angeordnet. Dabei ist jeder Brenner einer Ebene auf einen Feuerkreis

ausgerichtet, wobei der Feuerkreis der 1. Ebene zum Feuerkreis der 2. Ebene entlang der Vertikalen versetzt ist. In weiteren bevorzugten Ausführungsformen sind in der Feuerungsanlage entsprechend der beschriebenen 1. bzw. 2. Ebene weitere Ebenen mit den erfindungsgemäßen Brennern angeordnet.

In eine bevorzugten Ausführungsform der Feuerungsanlage ist der oder sind die Hauptbrenner so konfiguriert, dass mindestens 20%, vorzugsweise mindestens 30%, mindestens 40%, mindestens 50%, mindestens 60%, mindestens 70%, mindestens 80%, mindestens 85%, mindestens 90%, mindestens 95% des über einen Hauptbrenner eingeführten Luftstroms über die seitlichen Luftschlitze oder Luftdüsen in den Feuerraum eingeführt wird, so dass eine vertikale Schichtung zwischen Brennstoffstrom und Seitenluftstroms erzeugt wird.

Weiterhin ist bevorzugt, dass die seitlichen Luftschlitze oder Luftdüsen so angeordnet, dass der Abstand zwischen dem Mittelpunkt des Luftschlitzes bzw. der Luftdüse zur benachbarten Kante des Brennstoffschlitzes höchstens ½ der horizontalen Abmessung des Brennstoffschlitzes beträgt.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Feuerungsanlage gemäß der vorliegenden Erfindung beträgt das Verhältnis der vertikalen Ausdehnung zur horizontalen Ausdehnung der Gesamtheit der Brennstoffschlitze eines Hauptbrenners am Austritt in den Feuerraum mindestens 1,0:1, bevorzugt mindestens 1,5:1, mindestens 2,0:1, mindestens 2,5:1, weiter bevorzugt mindestens 3,0:1 und noch weiter bevorzugt mindestens 3,5:1 und besonders bevorzugt mindestens 4,0:1.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Feuerungsanlage ist diese so konfiguriert ist, dass die Brennerluft mittels einer oder mehrerer horizontal verlaufender Reihen von Luftschlitzen bzw. Luftdüsen in den Feuerraum eingeführt wird, wobei der Brennstoffstrom horizontal unterteilt sowie oberhalb und unterhalb begrenzt wird, und insbesondere so konfiguriert ist, dass die über diese Luftschlitzen bzw. Luftdüsen eingeführte Luftmenge in Richtung Seitenluftschlitze- bzw. –düsen zunimmt, wobei eine radiale Luftstufung erzeugt wird.

In eine weiteren Ausgestaltung der Feuerungsanlage ist diese so konfiguriert, dass die Brennerluft mittels einer oder mehrerer horizontal verlaufender Reihen von Luftschlitzen bzw. Luftdüsen in den Feuerraum eingeführt wird, wobei der Brennstoffstrom horizontal unterteilt sowie oberhalb und unterhalb begrenzt wird, und insbesondere so konfiguriert, dass die über diese Luftschlitzen bzw. Luftdüsen eingeführte Luftmenge von oben nach unten, von unten nach oben oder von oben und unten in Richtung Mitte des Brenners zunimmt, wobei eine vertikale Luftstufung erzeugt wird.

Besonders bevorzugt sind oberhalb der Hauptbrenner Ausbrandluftdüsen zur Einführung von Ausbrandluft in den Feuerraum angeordnet.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Feuerungsanlage sind zusätzliche Luftdüsen in den Ecken des Feuerraums angeordnet, was auch als Eckenfeuerung bezeichnet wird.

Wie oben bereits erwähnt, sind zur Zündung des Brennstoffs an den Auslässen der einzelnen Brennstoffschlitze bevorzugt Flammenstabilisatoren (Zähne) angebracht. Diese Flammenstabilisatoren dienen der stabilen Zündung des Kohlenstaub/Luft-Gemisches. Die Stabilisatoren dienen dazu die Staubteilchen zu verlangsamen und eine Turbulenz der Partikel zu erzeugen, um die Freigabe von flüchtigen Stoffen beschleunigen und die Zündung nah am Austritt der Brenner zu stabilisieren. Die Form der Flammenstabilisatoren ist nicht limitiert. So können die Flammenstabilisatoren eine abgerundete, rechteckige oder quadratische Form aufweisen. Vorzugsweise weisen die Brennstoffschlitze in den Feuerraum um den ganzen Rand des Austritts der Brennstoffschlitze herum Flammenstabilisatoren auf.

In einem Ausführungsbeispiel wird die Erfindung näher beschrieben werden. Dazu dienen auch die nachfolgenden Zeichnungen.

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Brennerspiegels des Standes der Technik vom Feuerraum aus gesehen.

Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Brennerspiegels gemäß der vorliegenden Erfindung vom Feuerraum aus gesehen.

Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung eines Brennerspiegels gemäß der vorliegenden Erfindung vom Feuerraum aus gesehen bei der die radiale Luftstufung erläutert wird.

Figur 4 zeigt eine schematische Darstellung eines Brennerspiegels gemäß der vorliegenden Erfindung vom Feuerraum aus gesehen bei der die vertikale Luftstufung erläutert wird.

Figur 5 zeigt die radiale Brennstoffstufung des Brenners, die in einem bevorzugten Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung eingestellt wird.

Figur 6 zeigt eine Querschnittsansicht eines Feuerraums in schematisierter Darstellung mit Kennzeichnung der Strömungsrichtungen des in den Feuerraum eingeführten Brennstoffes und der in den Feuerraum eingeblasenen Luft.

Figur 7 zeigt unterschiedliche Geometrien von Flammenstabilisatoren.

Figur 8 zeigt weitere Ausgestaltungen von Flammenstabilisatoren.

Figur 9 zeigt mögliche Anordnungen von Flammenstabilisatoren am Brennstoffaustritt.

Figur 10 zeigt unterschiedliche Geometrien von Flammenstabilisatoren an einem Brennstoffaustritt.

Figur 11 zeigt die Funktionsweise von Rampen an den Austritten der Brennstoffdüsen.

Der in **Figur 1** dargestellte herkömmliche Brenner 1 weist zwei Brennerfinger, einen oberen Brennerfinger 1a und einen unteren Brennerfinger 1b auf. Die Brennstoffschlitze sind mit 2 bezeichnet. Reihen von Mittenkernluftrohren 3 teilen die Brennerfinger horizontal jeweils in zwei Brennerhalbfinger auf. Zwischen dem oberen Brennerfinger und dem unteren Brennerfinger ist ein Zwischenluftschlitz 5 angeordnet, während ein Oberluftschlitz 4 die Brennstoffschlitze nach oben und ein Unterluftschlitz 6 die Brennstoffschlitze nach unten begrenzt. Bei diesem Brennertyp wird der Hauptsekundärluftstrom ober-, zwischen und unterhalb des Brennstoffstroms eingeblasen. Dieser Brennertyp des Standes der Technik ist durch die horizontale Schichtung von Kohlenstaubstrom und Hauptsekundärluftstrom gekennzeichnet.

Der in **Figur 2** gezeigte Brenner 1 stellt eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Die in Figur 2 gezeigte Ausführungsform weist zwei Brennerfinger, einen oberen Brennerfinger 1a und einen unteren Brennerfinger 1b auf. Die Brennstoffschlitze sind mit 2 bezeichnet. Die einzelnen Brennstoffschlitze 2 werden durch Reihen von Mittenkernluftdüsen 9 bzw. Zwischenluftdüsen 13 voneinander getrennt. Weiterhin begrenzt eine Reihe Oberluftdüsen 8 die Brennstoffschlitze 2 nach oben und eine Reihe Unterluftdüsen 10 die Brennstoffschlitze nach unten. An einer Seite des Brenners bzw. der Brennstoffschlitze 2 des Brenners 1 sind gemäß der vorliegenden Erfindung Luftschlitze oder Luftdüsen 11 (Seitenluftschlitze bzw. -düsen) angeordnet. Diese erstrecken sich mindestens über die gesamte vertikale Erstreckung des Brenners 1 und dienen der Zuführung von Seitenluft. Gemäß der Erfindung wird auf diese Weise im Feuerraum der Brennstoffstrom an einer Seite vertikal durch die Seitenluft begrenzt. Dabei ist der Brenner 1 gemäß der vorliegenden Erfindung so konfiguriert, dass mindestens 20% des über den Brenner eingeführten Luftstroms über die seitlichen Luftschlitze 11 oder Luftdüsen in den Feuerraum eingeführt wird, um eine vertikale Schichtung zwischen Brennstoffstrom und Hauptsekundärluftstrom bzw. Seitenluftstrom zu erzeugen. Wie in der Figur 2 dargestellt, sind die seitlichen Luftschlitze 11 oder Luftdüsen bevorzugt so angeordnet. dass der

Abstand zwischen dem Mittelpunkt des Luftschlitzes 11 zur benachbarten Kante des Brennstoffschlitzes 2 höchstens ½ der horizontalen Abmessung des Brennstoffschlitzes 2 beträgt.

Bei Betrieb wird im Feuerraum eine schraubenförmige, aufsteigende Strömung aufgebaut. Bezogen auf den Drehsinn der schraubenförmigen Strömung wird der über die seitlichen Luftschlitze 11 geleitete Seitenluftstrom voreilend zum Brennstoffstrom in den Feuerraum eingeführt. Die vertikale Schichtung von Brennstoffstrom und Seitenluftstrom ist gemäß der vorliegenden Erfindung derart, dass die Schicht des Seitenluftstroms zwischen der Wand des Feuerraums und dem Brennstoffstrom, und der Brennstoffstrom zwischen dem Seitenluftstrom und der zentralen Längsachse des Feuerraums verläuft.

Wie in Figur 2 ersichtlich ist beträgt die vertikale Ausdehnung der Brennstoffschlitze des Brenners am Austritt in den Feuerraum vorzugsweise ein Vielfaches zur horizontalen Ausdehnung der Brennstoffschlitze, nämlich hier etwa Faktor 4.

In der in Figur 2 gezeigten bevorzugten Ausführungsform des Brenners 1 sind zur Zündung des Brennstoffs an den Auslässen der einzelnen Brennstoffschlitze 2 Flammenstabilisatoren 12 angebracht. Diese Flammenstabilisatoren dienen der stabilen Zündung des Kohlenstaub/Luft-Gemisches. Die Flammenstabilisatoren sind dabei am Brennstoffaustritt der Brennstoffschlitze 2 angebracht und ragen in den Querschnitt des Brennstoffschlitzes hinein. In der in Figur 2 gezeigten Ausführungsform sind entlang aller vier Kanten der Brennstoffschlitze 2 Flammenhalter 12 angebracht.

In **Figur 3** wird die radiale Luftstufung des Brenners, die in einem bevorzugten Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung eingestellt wird, erläutert. Ein Teil der Brennerluft wird mittels einer oder mehrerer horizontal verlaufender Reihen von Luftdüsen 8, 9, 10 in den Feuerraum eingeführt. Dadurch wird der durch die Brennstoffschlitze 2 eingeführte Brennstoffstrom horizontal unterteilt sowie oberhalb und unterhalb begrenzt. Bevorzugt nimmt die über diese Luftdüsen 8, 9, 10 eingeführte

Luftmenge in Richtung Seitenluftschlitze- bzw. –düsen 11 hin zu, d.h. es wird eine radiale Luftstufung erzeugt. Die Seitenluft wird so eingedüst, dass sie einen bezogen auf den Feuerkreis außen liegenden Schleier bildet. Zusätzlich wird die über die horizontal verlaufenden Reihen von Brennerluftdüsen 8, 9, 10 eingedüste Luftmenge in Rotationsrichtung der Feuerraumströmung (also nach außen hin bzw. in Richtung Seitenluftdüsen 11) erhöht. Die ansteigende Luftmenge bzw. radiale Luftstufung ist durch den Keil am oberen Ende der Figur schematisch dargestellt. In der gezeigten Ausführungsform sind am Austritt der Brennstoffschlitze 2 Flammenstabilisatoren 12 an nur drei Kanten der Brennstoffschlitze 2 angebracht.

In **Figur 4** wird die vertikale Luftstufung des Brenners, die in einem bevorzugten Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung eingestellt wird, erläutert. Die Brennerluft wird mittels einer oder mehrerer horizontal verlaufender Reihen von Luftdüsen 8, 9, 10 in den Feuerraum eingeführt. Auf diese Weise wird der durch die Brennstoffschlitze 2 eingeführte Brennstoffstrom horizontal unterteilt sowie oberhalb und unterhalb begrenzt. Bei der vertikalen Luftstufung nimmt, wie in Figur 4 dargestellt, die über diese Luftdüsen 11 eingeführte Luftmenge von oben nach unten zu. Die unterschiedliche Luftmenge bzw. die vertikale Stufung der Luftmenge ist durch den Balken auf der rechten Seite der Figur schematisch dargestellt.

In **Figur 5** wird die radiale Brennstoffstufung des Brenners, die in einem bevorzugten Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung eingestellt wird, erläutert. Figur 5 zeigt in der linken Teilfigur den Brennerspiegel vom Feuerraum aus gesehen. Die rechte Teilfigur stellt eine Schnittansicht entlang der in der linken Teilfigur eingezeichneten Ebene C-C dar. Mit der Kennziffer 2 sind in der linken Teilfigur der Brennstoffschlitz und in der rechten Teilfigur der Brennstoffzufuhrkanal und mit 19 der Austritt des Brennstoffschlitzes bezeichnet. Die Seitenluftdüse wird mit 11 dargestellt. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Achse der Seitenluftdüse 11 von der Achse des Brennstoffzufuhrkanals 2 weg geneigt. Bei der radialen Brennstoffstufung nimmt der Brennstoffstrom von der Seite des Seitenluftstroms zur gegenüberliegenden Seite hin zu. Dabei steigt entgegen der Rotationsrichtung der Feuerraumströmung die Partikeldichte im Brennstoffstrom an. Um diese radiale Brennstoffstufung zu

erreichen, wird die Gestaltung des Zufuhrkanals 2 zum Brenner so ausgeführt, dass durch die Strömungsführung eine lokale Anreicherung des Brennstoffpartikelstroms erfolgt. Dies kann z.B. mit einer mit einer Schulter 20 beginnenden Verengung des Brennstoffzufuhrkanals 2 erreicht werden, die auf der Seite des Brennstoffzufuhrkanals angeordnet ist, die dem Seitenluftkanal 11 benachbart ist. Die Partikel werden durch Strömungsumlenkung auf die Seite des Brenners geführt, die der Seite der Seitenluftdüsen bzw. dem Seitenluftstrom gegenüberliegt. Die radiale Brennstoffstufung ist durch den Balken auf der unteren Seite der Figur schematisch dargestellt.

In **Figur 6** wird eine Querschnittsansicht eines Feuerraums 18 in schematisierter Darstellung mit Kennzeichnung der Strömungsrichtungen des in den Feuerraum 18 eingeführten Brennstoffes (dicker Pfeil) und der in den Feuerraum eingeblasenen Seitenluft (dünner Pfeil) gezeigt. Mit 14 wird die Feuerraumwand bezeichnet. Die Brenner 1 sind untereinander gleich ausgebildet und stellvertretend für diese sind die Brenner durch ihre Brennerspiegel 1 veranschaulicht. Stromabwärts des Brenners entsteht an der Brennerwand ein Luftschleier. Die Anordnung der Brenner am Feuerraum 18 folgt hier dem Prinzip der Tangentialfeuerung. Hierbei feuern die Brenner 1 von der Wand 14 (oder aus den Ecken; in Figur 6 nicht gezeigt) tangential auf einen gedachten Kreis, den sogenannten Brennkreis oder Feuerkreis. Das Zusammenspiel aller Brenner 1 bewirkt eine rotierende, schraubenförmig aufsteigende Strömung im Feuerraum 18 und somit im Wesentlichen eine verbesserte Vermischung, Homogenisierung des Temperaturfeldes und Erhöhung der Verweilzeit. Bei der Verfahrensweise gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei von jedem Brenner 1 ein vertikal ausgerichteter Seitenluftstrom abgegeben wird, wird bezogen auf den Drehsinn der schraubenförmigen Strömung des Feuerkreises dieser Seitenluftstrom über die seitlichen Luftschlitze oder Luftdüsen voreilend zum Brennstoffstrom eingeführt. So bildet sich an der Außenseite des Feuerkreises eine Zone bzw. Schicht 16 mit hohem Luftanteil aus, während im inneren Teil 17 die Verbrennung stattfindet. Auf diese Weise wird bei Betrieb die vertikale Schichtung zwischen Brennstoffstrom und Seitenluftstrom derart aufgebaut, dass die Schicht des Seitenluftstroms zwischen der Wand des Feuerraums und dem Brennstoffstrom, und der Brennstoffstrom zwischen dem Seitenluftstrom und der zentralen Längsachse des

Feuerraums verläuft. In der Figur 6 wird weiterhin mittels der aus Richtung des Brenners kommenden ausgefüllten Pfeile schematisch dargestellt, dass in bevorzugten Ausführungsformen die Achse des Seitenluftstroms (dünner Pfeil) von der Achse des Brennstoffstroms (dicker Pfeil) weg geneigt ist.

In **Figur 7** werden unterschiedliche Geometrien von Flammenstabilisatoren dargestellt (a, b, c: Flammenstabilisatoren in Vorderansicht). In bevorzugten Ausführungsformen werden zur Zündung des Brennstoffs an den Auslässen der einzelnen Brennstoffschlitze Flammenstabilisatoren (Zähne) angebracht. Diese Flammenstabilisatoren dienen der stabilen Zündung des Kohlenstaub/Luft-Gemisches. Die Stabilisatoren dienen dazu, die Staubteilchen zu verlangsamen und eine Turbulenz der Partikel zu erzeugen, um die Freigabe von flüchtigen Stoffen zu beschleunigen und die Zündung nah am Ausgang der Brenner zu stabilisieren. Die Form der Flammenstabilisatoren ist nicht begrenzt. So können die Flammenstabilisatoren eine abgerundete, rechteckige oder quadratische Form aufweisen. In den Teilfiguren a1 und a2 werden weitere Ausgestaltungen der Flammenstabilisatoren 12 gezeigt. Hierbei werden die Flammenstabilisatoren 12 mit einer Stützrippe bzw. Versteifungsrippe 15 an der feuerraumabgewandten Seite versehen. Diese Rippe dient der Versteifung aus konstruktiver Sicht und der Ableitung von Wärme.

In **Figur 8** werden weitere Ausgestaltungen der Flammenstabilisatoren 12 gezeigt. Auch hierbei sind die Flammenstabilisatoren 12 mit einer Stützrippe bzw. Versteifungsrippe 15 an der feuerraumabgewandten Seite versehen.

In **Figur 9** werden mögliche Anordnungen von Flammenstabilisatoren am Brennstoffaustritt erläutert. Die Flammenstabilisatoren 12 können an allen Kanten des Austritts des rechteckigen oder quadratischen Brennstoffschlitzes 2 angeordnet werden: an der oberen Kante; an der unteren Kante; an der vertikalen Kante benachbart zur Seitenluft; an der vertikalen Kante gegenüber der Seitenluft. Es ist auch möglich, einzelne Kanten nicht mit Flammenstabilisatoren auszustatten, wie dies in Figur 9 A und 9 B gezeigt wird. In einer Ausführungsform sind die Flammenstabilisatoren 12 an der oberen und unteren Horizontalen durchgehend an dersel-

ben über die ganze Kante verteilt angebracht, während die Flammenstabilisatoren 12 an der Vertikalen benachbart zu den Seitenluftdüsen- bzw. –Schlitzen 11 nicht durchgehend verteilt angebracht sind (Figur 9 A). In einer anderen Ausführungsform sind die Flammenstabilisatoren 12 an der Vertikalen benachbart zu den Seitenluftdüsen- bzw. –Schlitzen 11 durchgehend an derselben über die ganze Kante verteilt angebracht sind, während die Flammenstabilisatoren an der oberen Horizontalen und an der unteren Horizontalen in Richtung der Kante benachbart zu den Seitenluftdüsen- bzw. –Schlitzen nicht durchgehend verteilt angebracht sind (Figur 9 B).

Figur 10 zeigt eine Ausführungsform, bei der Flammenstabilisatoren 12 unterschiedlicher Geometrien an einem Brennstoffaustritt 2 angebracht sind.

Figur 11 zeigt die Funktionsweise von Rampen 7 an den Austritten der Brennstoffdüsen. Die linke Teilfigur zeigt einen Schnitt entlang der in der rechten Teilfigur eingetragenen Achse A-A. Ein Teil der Brennerluft wird mittels einer oder mehrerer horizontal verlaufender Reihen von Luftdüsen 8, 9, 10 in den Feuerraum eingeführt. Dadurch wird der Brennstoffstrom horizontal unterteilt sowie oberhalb und unterhalb begrenzt. Zur Sicherstellung der Zündung des Brennstoffes direkt am Brenner werden vorzugsweise Rampen 7 am Brennstoffaustritt 2 angebracht. Diese Rampen 7 sorgen für eine weitere Erhöhung der Turbulenz am Brennstoffaustritt (in der linken Teilfigur dargestellt). Die Figur zeigt eine Ausführungsform, bei der die Rampen 7 an der oberen und unteren Kante angebracht sind, während die Flammenstabilisatoren 12 nur an den vertikalen Kanten angeordnet sind.

Der Brennertyp gemäß der vorliegenden Erfindung führt zu einer Optimierung des Verbrennungsprozesses und zur Senkung der primären NO_x-Emissionen im Brennergürtelbereich. Im Gegensatz zum klassischen Braunkohlebrenner wird die Verbrennungsluft im Wesentlichen radial gestuft. Das kennzeichnende Merkmal der vorliegenden Erfindung ist die vertikale Schichtung zwischen Kohlenstaubstrom und Seitenluftstrom. Die Überlagerung der radialen Luftstufung im Brenner und der vertikalen Luftstufung im Feuerraum (über Oberluftdüsen) gewährleistet einen noch

langsameren Mischeffekt der Luft in den Brennstoffstrahl und somit eine zusätzliche Unterdrückung der primären NO_x-Bildung.

Die Seitenluft am Brenner versorgt die nahe stehenden Verdampferwände mit Verbrennungsluft, so dass dort moderate Rauchgastemperaturen und eine vergleichsweise hohe O_2-Wandatmosphäre herrschen. Durch die Schaffung eines ausreichenden Luftschleiers zur Vermeidung einer Brennstoffberührung mit der Feuerraumwand wird das Risiko sowohl von Wandkorrosion als auch von Verschlackung im Brennergürtelbereich deutlich minimiert.

Bei Einsatz des Verfahrens, der Feuerungsanlage bzw. des Brenners gemäß der vorliegenden Erfindung bilden sich im Feuerraum von unten nach oben eine Hauptbrenner-Verbrennungszone und bei Anwendung von Ausbrandluftzufuhr eine Ausbrandzone. Vorteilhafterweise wird eine Tangentialfeuerung angewandt mit einer Vielzahl auf einen Brennkreis ausgerichteten Hauptbrennern und vorzugsweise einer Vielzahl von oberhalb der Hauptbrenner angeordneten Ausbrandluftdüsen.

Bezugszeichenliste

1	Brenner
1a	oberer Brennerfinger
1b	unterer Brennerfinger
2	Brennstoffschlitz
3	Mittenkernluftrohr
4	Oberluftschlitz
5	Zwischenluftschlitz
6	Unterluftschlitz
7	Rampe
8	Oberluftdüsen
9	Mittenkernluftdüse
10	Unterluftdüsen
11	Seitenluftschlitze bzw. -düsen
12	Flammenstabilisatoren
13	Zwischenluftdüse
14	Feuerraumwand
15	Stützrippe bzw. Versteifungsrippe
16	Schicht mit hohem Luftanteil
17	Verbrennungszone
18	Feuerraum
19	Austritt des Brennstoffschlitzes
20	Schulter

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verbrennung von festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen, insbesondere Kohlenstaub, bei dem der Brennstoffstrom über einen oder mehrere Hauptbrenner in einen Feuerraum eingeführt und verbrannt wird,
wobei der Brennstoffstrom des jeweiligen Hauptbrenners über einen Brennstoffschlitz oder über mehrere in einer Vertikalebene angeordnete Brennstoffschlitze in den Feuerraum eingeführt wird,
wobei zusätzliche Brennerluft über Luftschlitze oder Luftdüsen in den Feuerraum eingeführt wird;
wobei ein Teil der zusätzlichen Brennerluft mittels horizontal verlaufender Reihen von Luftschlitzen oder Luftdüsen in den Feuerraum eingeführt wird, wobei der Brennstoffstrom von der durch diese Luftschlitze oder Luftdüsen eingeführten Brennerluft oberhalb und unterhalb begrenzt wird;
wobei optional weitere Brennerluft mittels einer oder mehrerer horizontal verlaufender Reihen von Luftschlitzen oder Luftdüsen in den Feuerraum eingeführt wird, wobei der Brennstoffstrom horizontal durch diese Brennerluft unterteilt wird;
dadurch gekennzeichnet, dass der andere Teil der Brennerluft über einseitig angeordnete Luftschlitze oder Luftdüsen, welche sich mindestens über die gesamte vertikale Erstreckung aller Brennstoffschlitze des Hauptbrenners erstrecken, in den Feuerraum eingeführt wird und den Brennstoffstrom des jeweiligen Hauptbrenners, an einer Seite vertikal begrenzt und ein Seitenluftstrom ausgebildet wird;
wobei mindestens 20% der über einen Hauptbrenner eingeführten Brennerluft über die seitlichen Luftschlitze oder Luftdüsen des Hauptbrenners in den Feuerraum eingeführt wird, so dass eine vertikale Schichtung zwischen Brennstoffstrom und Brennerluftstrom erzeugt wird; und
dass die Konzentration des Brennstoffstroms von der Seite des Seitenluftstroms zur gegenüberliegenden Seite hin zunimmt, wobei eine radiale Brennstoffstufung erzeugt wird.

2. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens 30%, vorzugsweise mindestens 40%, mindestens 50%, mindestens 60%,

mindestens 70%, mindestens 80%, mindestens 85%, mindestens 90%, mindestens 95% des über den Hauptbrenner eingeführten Luftstroms über die seitlichen Luftschlitze oder Luftdüsen des Hauptbrenners strömen.

3. Das Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Feuerraum eine schraubenförmige, aufsteigende Strömung aufgebaut wird, und wobei bezogen auf den Drehsinn der schraubenförmigen Strömung der über die seitlichen Luftschlitze oder Luftdüsen in den Feuerraum eingeführte Brennerluftstrom voreilend zum Brennstoffstrom eingeführt wird.

4. Das Verfahren gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Menge der über die eine oder die mehreren horizontal verlaufenden Reihen von Luftschlitzen oder Luftdüsen eingeführten Brennerluft in Richtung Seitenluftschlitze bzw. –düsen zunimmt, wobei eine radiale Luftstufung erzeugt wird.

5. Das Verfahren gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Menge der über die Luftschlitze bzw. Luftdüsen eingeführten Brennerluft von oben nach unten, von unten nach oben oder von oben und unten in Richtung Mitte des Brenners zunimmt, wobei eine vertikale Luftstufung erzeugt wird.

6. Brenner für eine Feuerungsanlage zur Einführung eines Brennstoffstroms, insbesondere eines Kohlenstaubstroms in einen Feuerraum der Feuerungsanlage,
wobei der Brenner einen Brennstoffschlitz oder mehrere in einer Vertikalebene angeordnete Brennstoffschlitze aufweist,
wobei eine oder mehrere horizontale Reihen von Luftschlitzen oder Luftdüsen zumindest oberhalb und unterhalb der Brennstoffschlitze angeordnet sind,
dadurch gekennzeichnet, dass einseitig der Brennstoffschlitze Luftschlitze oder Luftdüsen angeordnet sind, welche sich mindestens über die gesamte vertikale Erstreckung aller Brennstoffschlitze des Brenners erstrecken; und
dass der Brenner in den Brennstoffschlitzen oder deren Zufuhrkanäle Mittel zu Strömungsumlenkung enthält.

7. Brenner für eine Feuerungsanlage gemäß Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mittel zur Strömungsumlenkung in den Brennstoffschlitzen oder deren Zufuhrkanäle ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus

i) einer einseitigen Verjüngung des Zufuhrkanals;

ii) Schikanen;

iii) Lenkklappen;

iv) Krümmung des Zufuhrkanals.

8. Brenner für eine Feuerungsanlage gemäß Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die seitlichen Luftschlitze oder Luftdüsen so angeordnet sind, dass der Abstand zwischen dem Mittelpunkt des Luftschlitzes bzw. der Luftdüse zur benachbarten Kante des Brennstoffschlitzes höchstens ½ der horizontalen Abmessung des Brennstoffschlitzes beträgt.

9. Brenner für eine Feuerungsanlage gemäß irgendeinem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausrichtung der seitlichen Luftschlitze bzw. Luftdüsen um einen Winkel von 2° bis 20°, vorzugsweise von 5° bis 15°, von den Brennstoffschlitzen weg geneigt sind.

10. Brenner für eine Feuerungsanlage gemäß irgendeinem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass am Brennstoffaustritt der Brennstoffschlitze Flammenstabilisatoren angebracht sind und in den Querschnitt des Brennstoffschlitzes hineinragen.

11. **Feuerungsanlage** zur Verbrennung von festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen, insbesondere Kohlenstaub, wobei mindestens ein Brenner gemäß den Ansprüchen 6 bis 10 je Feuerraumwand angeordnet ist und diese Brenner tangential auf einen Brennkreis im Feuerraum ausgerichtet sind.

12. Die Feuerungsanlage gemäß Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brenner in einem Winkel von 2° bis 30°, vorzugsweise von 5° bis 15°, bezüglich der Horizontalen nach unten geneigt ausgerichtet sind.

13. Die Feuerungsanlage gemäß Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei oder mehr Brenner gemäß den Ansprüchen 6 bis 10 nebeneinander je Feuerraumwand angeordnet ist.

14. Die Feuerungsanlage gemäß irgendeinem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei oder mehr Brenner gemäß den Ansprüchen 6 bis 10 übereinander je Feuerraumwand angeordnet ist.

15. Die Feuerungsanlage gemäß irgendeinem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass oberhalb der Hauptbrenner Ausbrandluftdüsen zur Einführung von Ausbrandluft in den Feuerraum angeordnet sind.

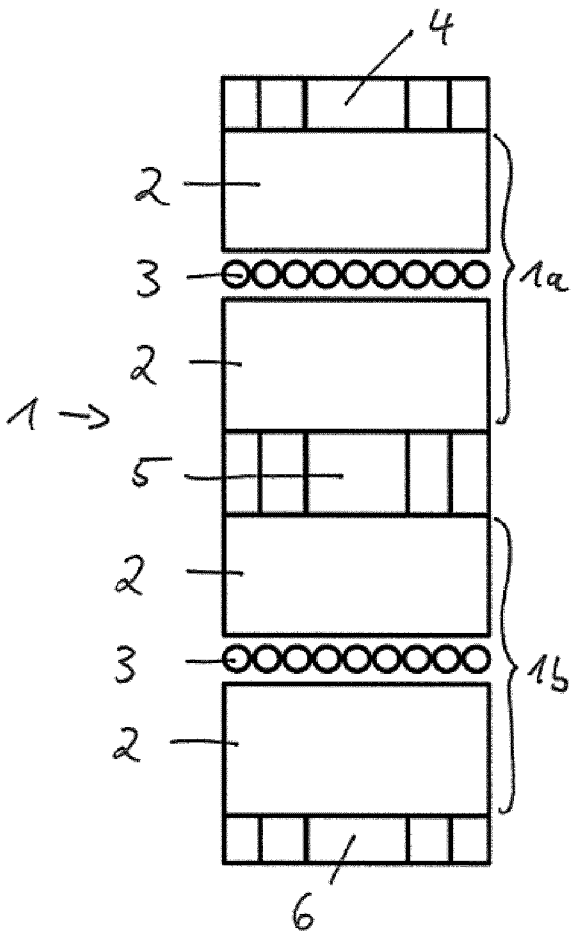


Fig. 1

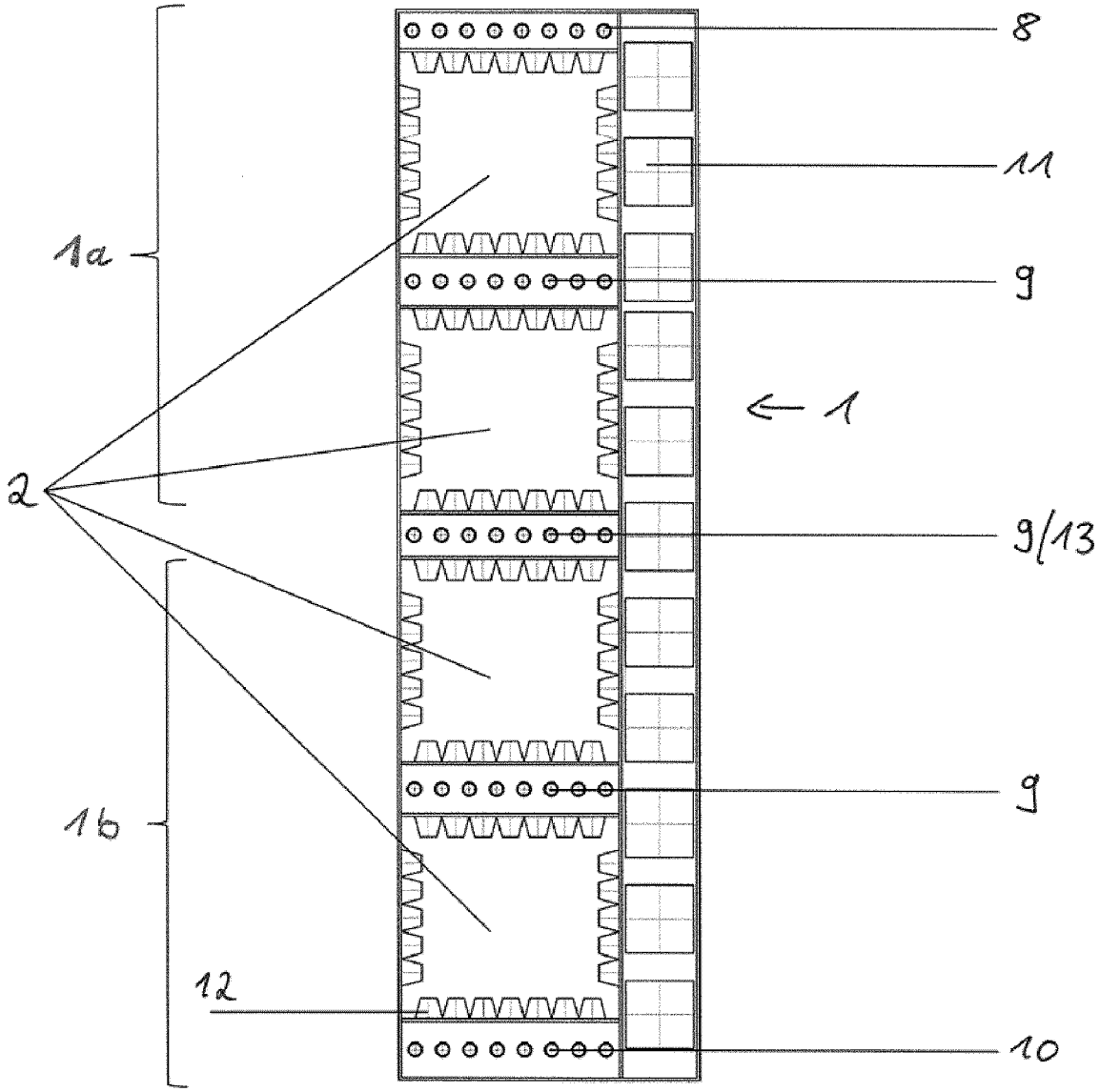


Fig. 2

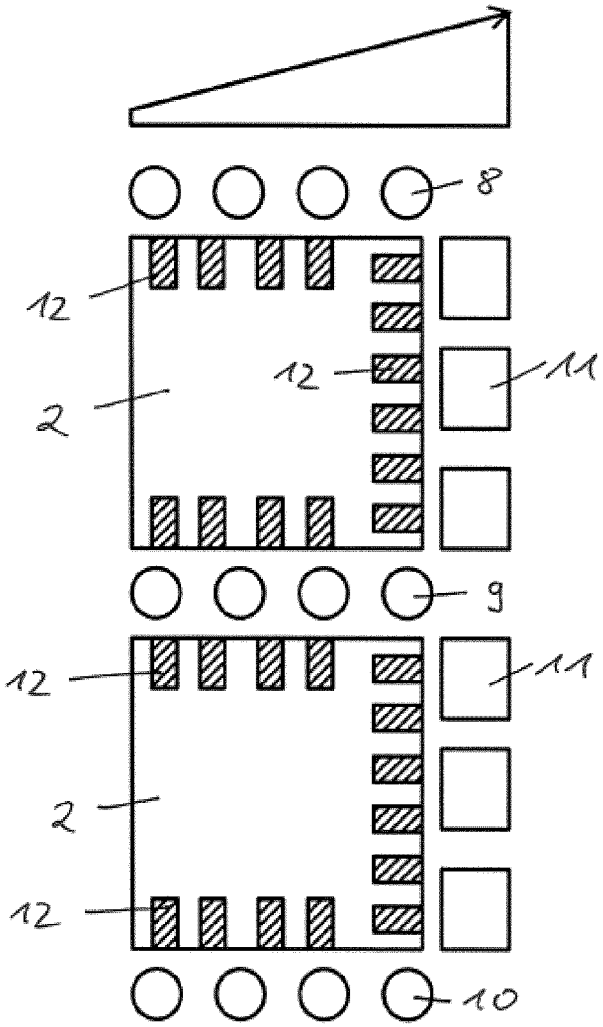


Fig. 3

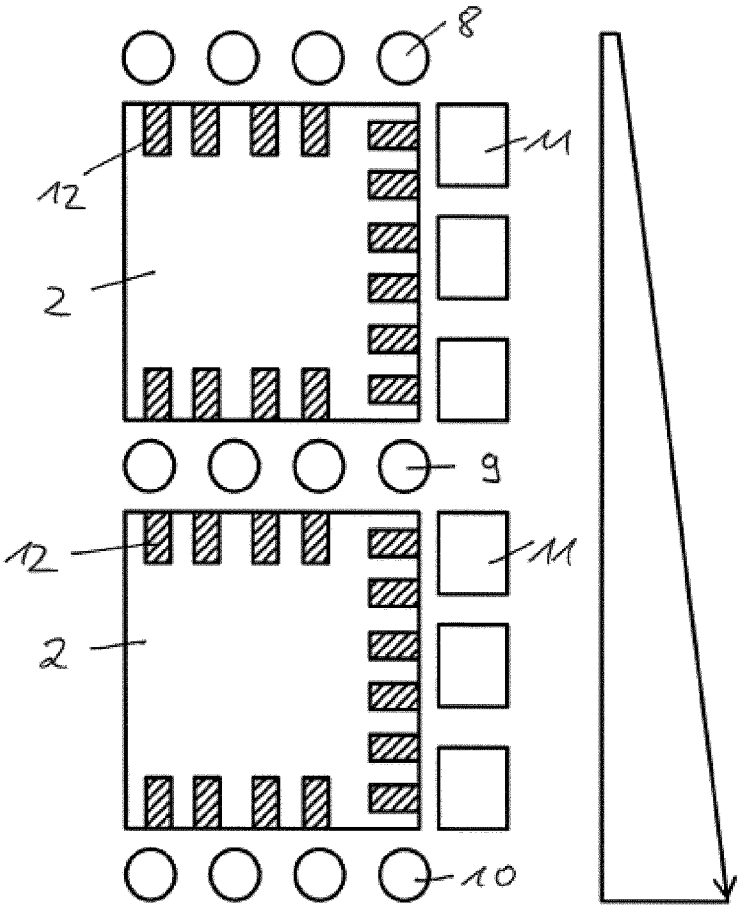


Fig. 4

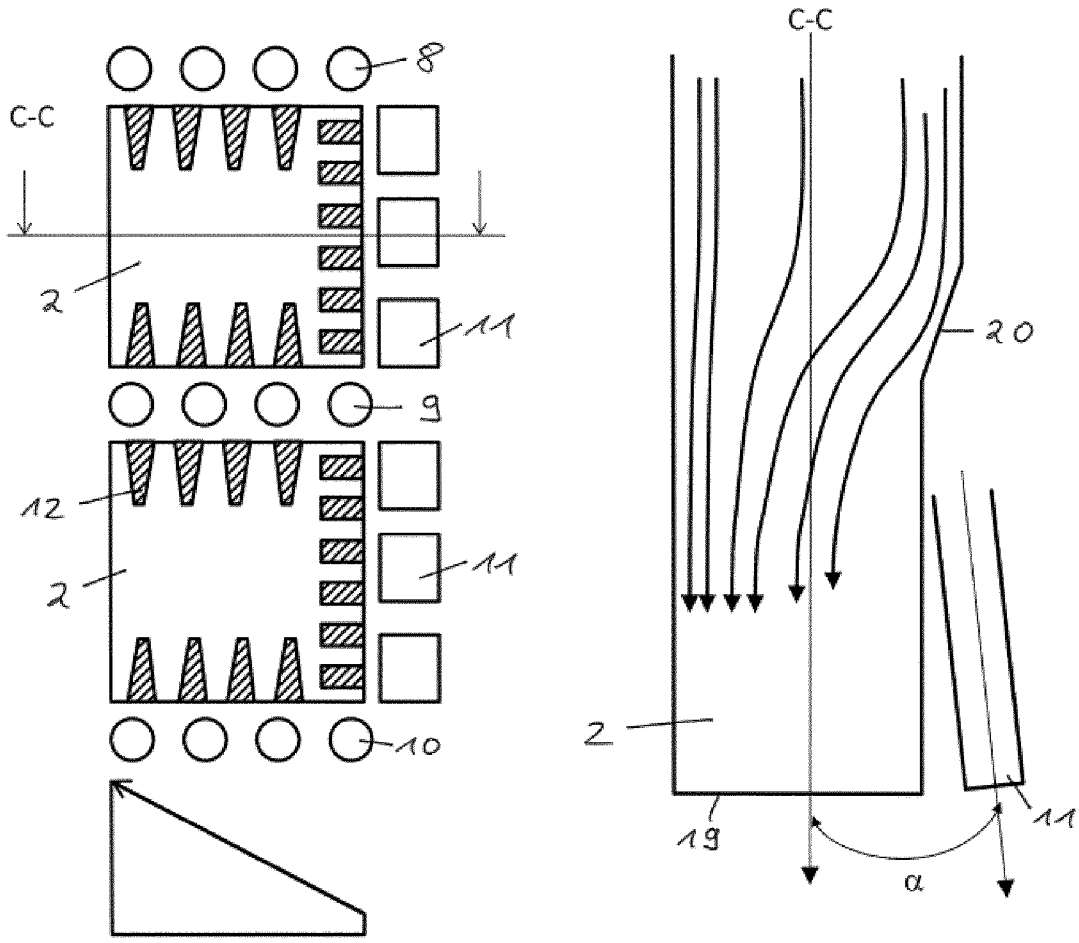


Fig. 5

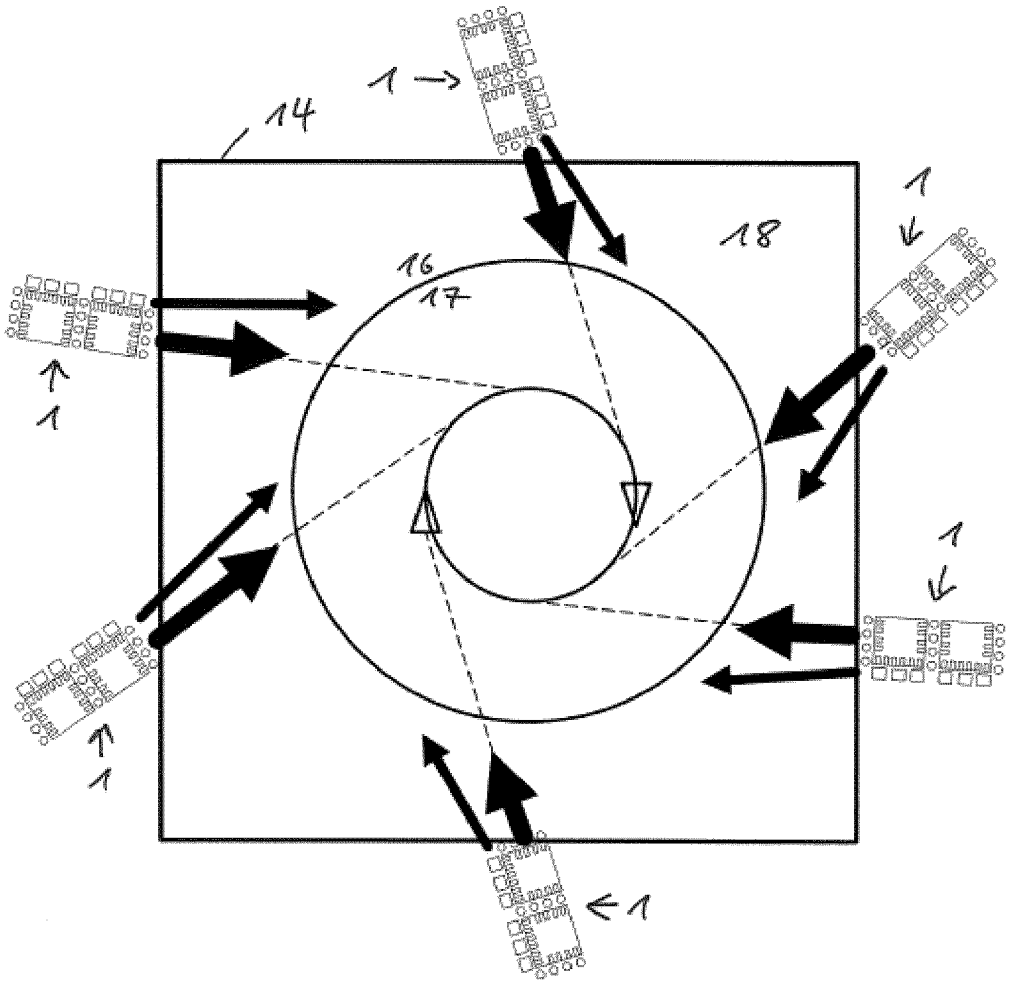


Fig. 6

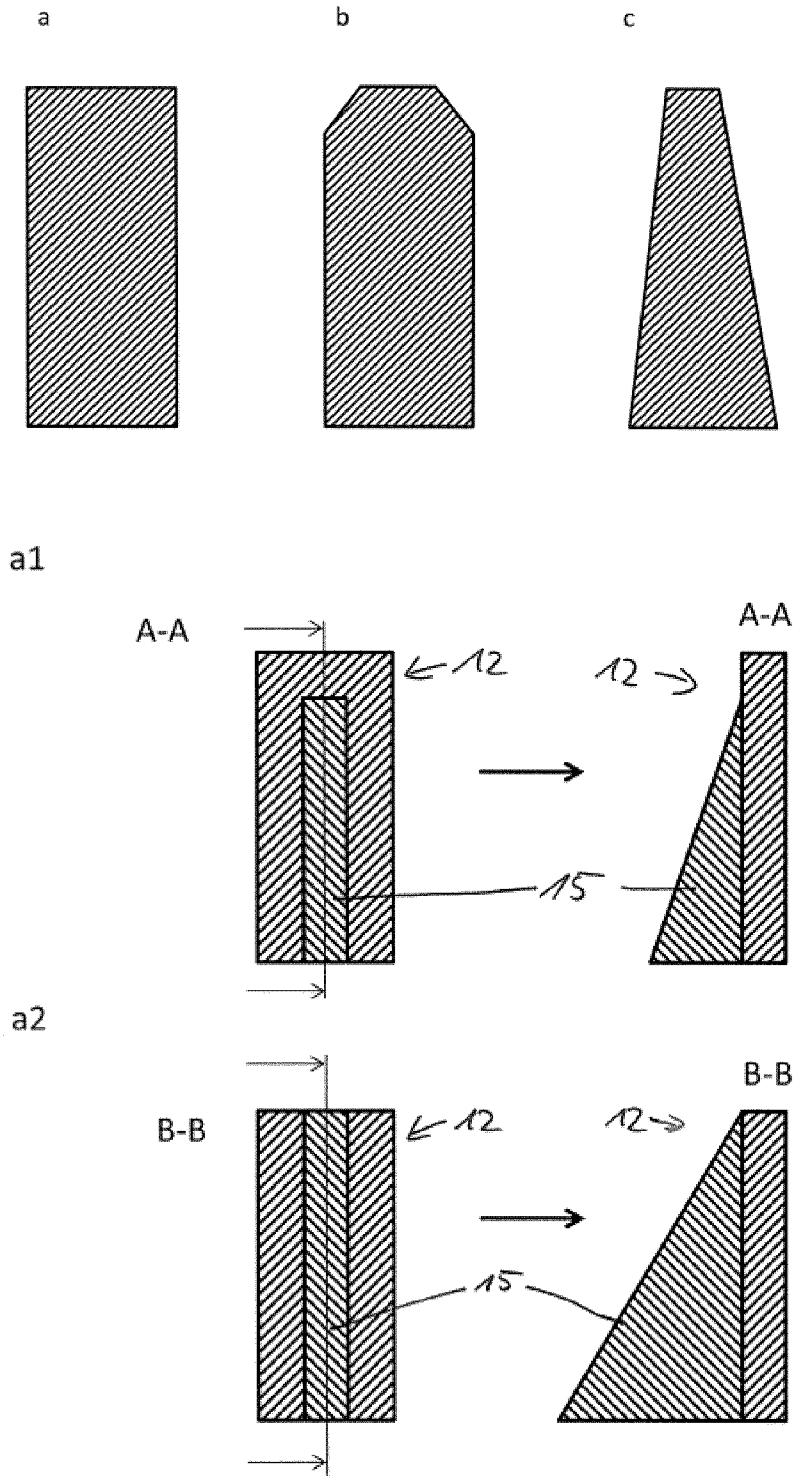


Fig. 7

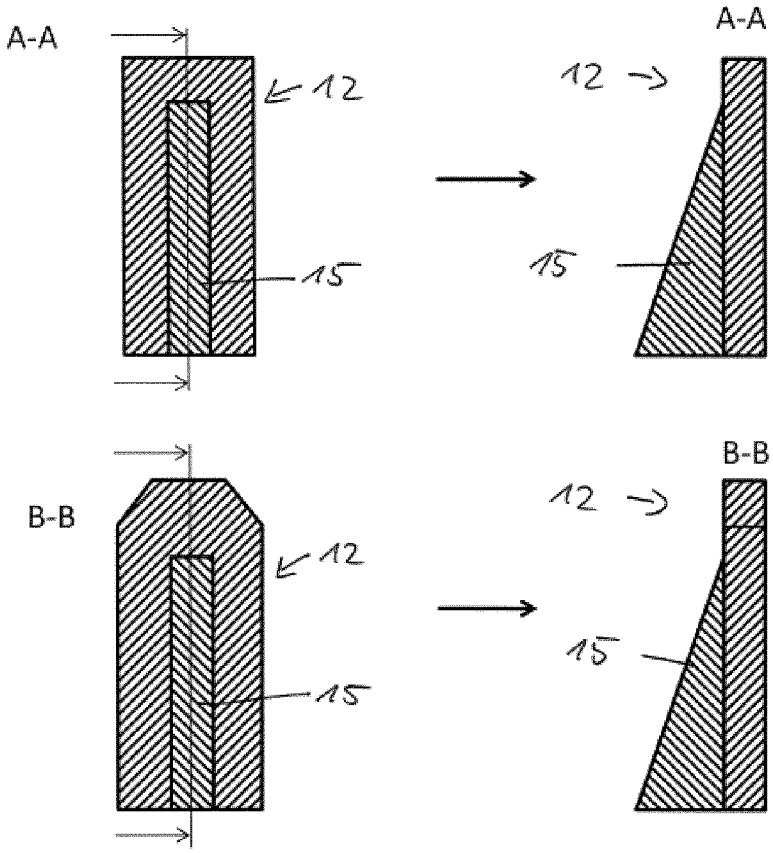


Fig. 8

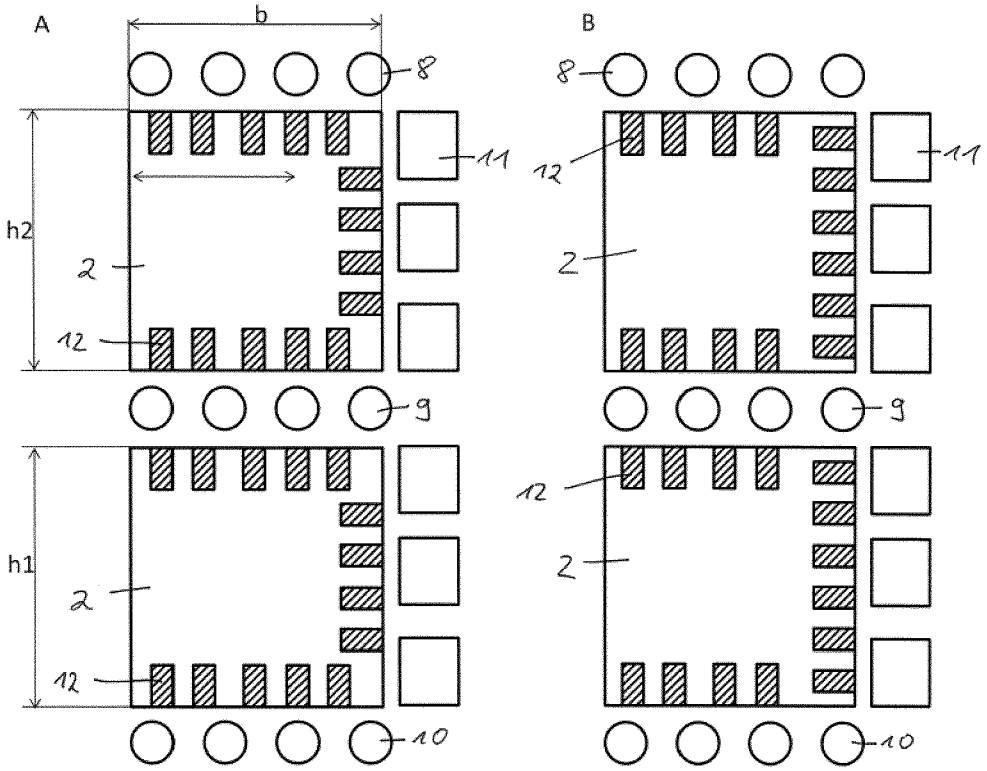


Fig. 9

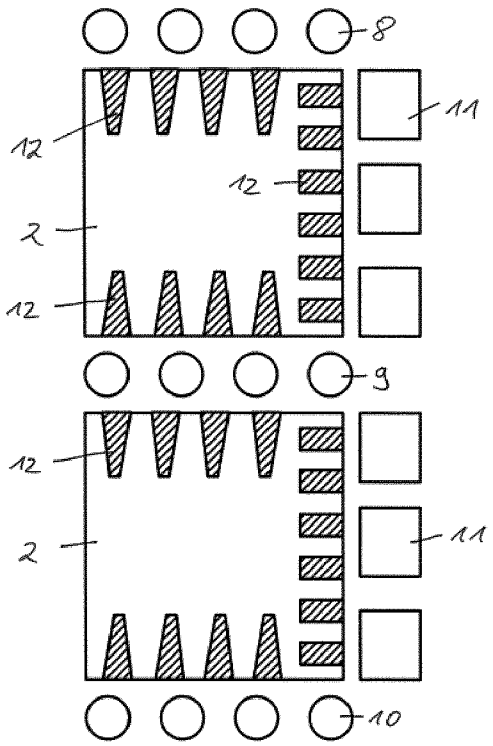


Fig. 10

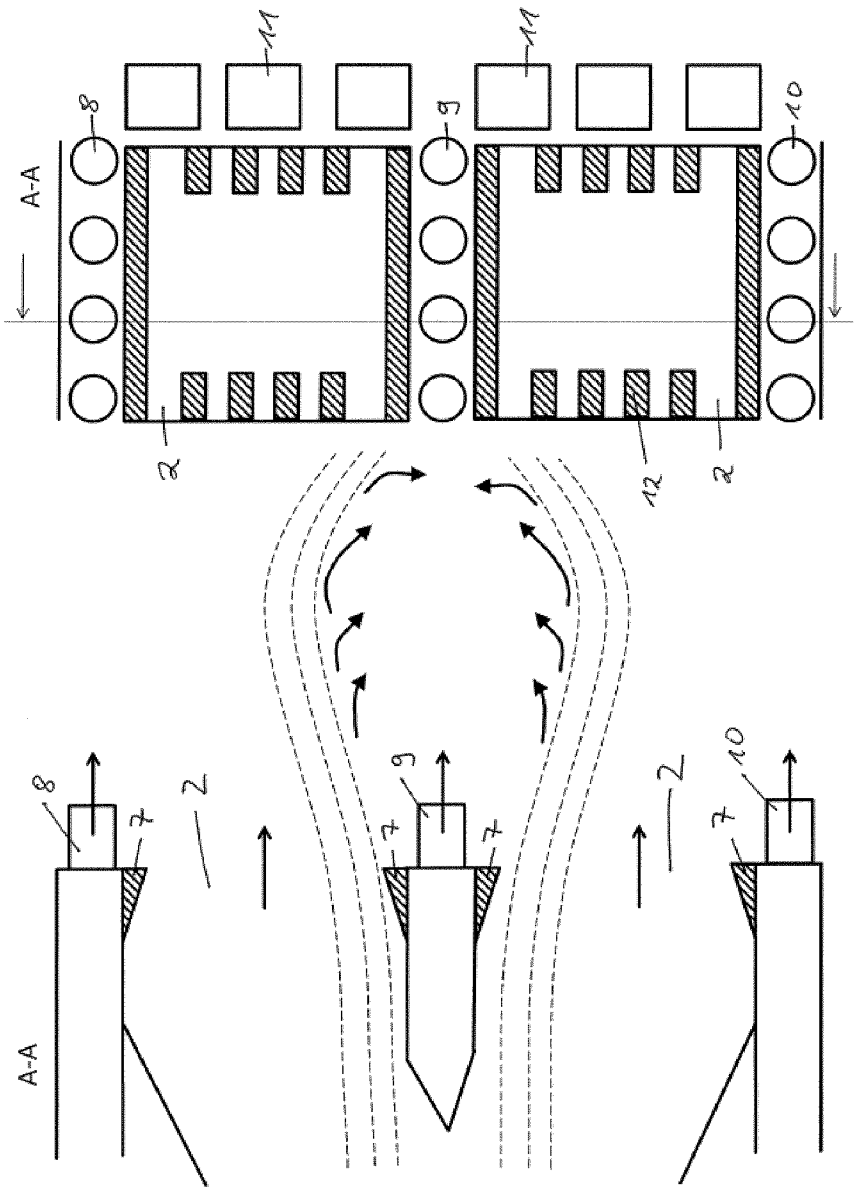


Fig. 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/058301

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F23C6/04 F23C5/32 F23D1/00 F23L9/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F23C F23D F23L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 890 254 C (KOHLENSCHEIDUNGS GMBH) 17 September 1953 (1953-09-17)	1,2
Y	sentence 6 - sentence 40; figures 1,2	3-15
Y	DE 103 01 316 B3 (ALSTOM POWER BOILER GMBH [DE]) 5 August 2004 (2004-08-05) paragraphs [0024], [0025]; figures 2,4,5	6-15
Y	DE 35 31 571 A1 (STEINMUELLER GMBH L & C [DE]) 5 March 1987 (1987-03-05) cited in the application column 3, line 41 - line 48 column 5, line 2 - line 42 figures 2-5	3,13-15
Y	US 6 138 588 A (CHAPMAN PAUL J [US] ET AL) 31 October 2000 (2000-10-31)	4
A	column 7, line 3 - line 45; figures 1-3	6,7,9,12

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
19 July 2017	27/07/2017

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Mougey, Maurice

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 020 454 A (HELLEWELL TODD D [US] ET AL) 4 June 1991 (1991-06-04) figures 1,2 column 10, line 6 - line 12 column 11, line 11 - line 24 column 12, line 10 - line 23 column 22, line 40 - line 49	5
Y	EP 0 022 454 A2 (COMBUSTION ENG [US]) 21 January 1981 (1981-01-21)	9,11,12
A	page 4, line 21 - line 35; figures 2,3	4
Y	US 5 799 594 A (DERNJATIN PAULI [FI] ET AL) 1 September 1998 (1998-09-01) column 5, line 22 - column 6, line 7; figures 2a,2b	10
A	EP 0 405 294 A2 (BALCKE DUERR AG [DE]) 2 January 1991 (1991-01-02) column 2, line 45 - column 3, line 15; figures 1,2	1,6
A	CN 103 134 049 B (INST PROCESS ENG CAS) 30 September 2015 (2015-09-30) abstract; figures 1,2	1,6
A	US 2006/191451 A1 (JIA ZHEN [CN] ET AL) 31 August 2006 (2006-08-31) paragraphs [0039] - [0041]; figures 2,3	6

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2017/058301

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 890254 C	17-09-1953	NONE	
DE 10301316 B3	05-08-2004	NONE	
DE 3531571 A1	05-03-1987	AU 593575 B2	15-02-1990
		DE 3531571 A1	05-03-1987
		EP 0213492 A1	11-03-1987
		GR 862166 B	23-12-1986
		JP S6284211 A	17-04-1987
		US 4810186 A	07-03-1989
US 6138588 A	31-10-2000	AU 6105700 A	05-03-2001
		JP 2003506657 A	18-02-2003
		KR 20020024322 A	29-03-2002
		TW 524952 B	21-03-2003
		US 6138588 A	31-10-2000
		WO 0111287 A1	15-02-2001
US 5020454 A	04-06-1991	AR 244868 A1	30-11-1993
		AU 650400 B2	16-06-1994
		BG 60359 B2	15-08-1994
		BR 9107056 A	14-09-1993
		CA 2038917 A1	01-05-1992
		CS 9101162 A3	13-05-1992
		DE 69107857 D1	06-04-1995
		DE 69107857 T2	31-08-1995
		EP 0554250 A1	11-08-1993
		ES 2071305 T3	16-06-1995
		FI 931976 A	30-04-1993
		JP H09527 U	21-10-1997
		JP 2603989 Y2	04-04-2000
		JP H05507140 A	14-10-1993
		MX 169331 B	29-06-1993
		PL 167606 B1	30-09-1995
		US 5020454 A	04-06-1991
		WO 9208077 A1	14-05-1992
		YU 81491 A	03-10-1995
		ZA 9103223 B	26-02-1992
EP 0022454 A2	21-01-1981	DE 3065588 D1	22-12-1983
		EP 0022454 A2	21-01-1981
		JP S5616008 A	16-02-1981
		JP S5942202 B2	13-10-1984
		US 4294178 A	13-10-1981
US 5799594 A	01-09-1998	AU 5422594 A	29-05-1995
		CN 1106909 A	16-08-1995
		CZ 9601302 A3	16-10-1996
		DE 4395243 T1	21-11-1996
		HU 220143 B	28-11-2001
		PL 305749 A1	15-05-1995
		RU 2104443 C1	10-02-1998
		US 5799594 A	01-09-1998
		WO 9513502 A1	18-05-1995
EP 0405294 A2	02-01-1991	DE 3920798 A1	10-01-1991
		EP 0405294 A2	02-01-1991

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2017/058301

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
CN 103134049 B	30-09-2015	NONE	
US 2006191451 A1	31-08-2006	BR PI0606878 A2	13-04-2010
		CN 2763701 Y	08-03-2006
		IN 266745 B	29-05-2015
		JP 5068183 B2	07-11-2012
		JP 2008531967 A	14-08-2008
		US 2006191451 A1	31-08-2006
		US 2008250990 A1	16-10-2008
		ZA 200707346 B	26-11-2008

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/058301

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F23C6/04 F23C5/32 F23D1/00 F23L9/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F23C F23D F23L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 890 254 C (KOHLENSCHEIDUNGS GMBH) 17. September 1953 (1953-09-17)	1,2
Y	Satz 6 - Satz 40; Abbildungen 1,2	3-15
Y	DE 103 01 316 B3 (ALSTOM POWER BOILER GMBH [DE]) 5. August 2004 (2004-08-05) Absätze [0024], [0025]; Abbildungen 2,4,5	6-15
Y	DE 35 31 571 A1 (STEINMUELLER GMBH L & C [DE]) 5. März 1987 (1987-03-05) in der Anmeldung erwähnt Spalte 3, Zeile 41 - Zeile 48 Spalte 5, Zeile 2 - Zeile 42 Abbildungen 2-5	3,13-15

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
19. Juli 2017	27/07/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Mougey, Maurice

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y A	US 6 138 588 A (CHAPMAN PAUL J [US] ET AL) 31. Oktober 2000 (2000-10-31) Spalte 7, Zeile 3 - Zeile 45; Abbildungen 1-3	4 6,7,9,12
Y	US 5 020 454 A (HELLEWELL TODD D [US] ET AL) 4. Juni 1991 (1991-06-04) Abbildungen 1,2 Spalte 10, Zeile 6 - Zeile 12 Spalte 11, Zeile 11 - Zeile 24 Spalte 12, Zeile 10 - Zeile 23 Spalte 22, Zeile 40 - Zeile 49	5
Y A	EP 0 022 454 A2 (COMBUSTION ENG [US]) 21. Januar 1981 (1981-01-21) Seite 4, Zeile 21 - Zeile 35; Abbildungen 2,3	9,11,12 4
Y	US 5 799 594 A (DERNJATIN PAULI [FI] ET AL) 1. September 1998 (1998-09-01) Spalte 5, Zeile 22 - Spalte 6, Zeile 7; Abbildungen 2a,2b	10
A	EP 0 405 294 A2 (BALCKE DUERR AG [DE]) 2. Januar 1991 (1991-01-02) Spalte 2, Zeile 45 - Spalte 3, Zeile 15; Abbildungen 1,2	1,6
A	CN 103 134 049 B (INST PROCESS ENG CAS) 30. September 2015 (2015-09-30) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2	1,6
A	US 2006/191451 A1 (JIA ZHEN [CN] ET AL) 31. August 2006 (2006-08-31) Absätze [0039] - [0041]; Abbildungen 2,3	6

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/058301

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 890254 C	17-09-1953	KEINE	
DE 10301316 B3	05-08-2004	KEINE	
DE 3531571 A1	05-03-1987	AU 593575 B2	15-02-1990
		DE 3531571 A1	05-03-1987
		EP 0213492 A1	11-03-1987
		GR 862166 B	23-12-1986
		JP S6284211 A	17-04-1987
		US 4810186 A	07-03-1989
US 6138588 A	31-10-2000	AU 6105700 A	05-03-2001
		JP 2003506657 A	18-02-2003
		KR 20020024322 A	29-03-2002
		TW 524952 B	21-03-2003
		US 6138588 A	31-10-2000
		WO 0111287 A1	15-02-2001
US 5020454 A	04-06-1991	AR 244868 A1	30-11-1993
		AU 650400 B2	16-06-1994
		BG 60359 B2	15-08-1994
		BR 9107056 A	14-09-1993
		CA 2038917 A1	01-05-1992
		CS 9101162 A3	13-05-1992
		DE 69107857 D1	06-04-1995
		DE 69107857 T2	31-08-1995
		EP 0554250 A1	11-08-1993
		ES 2071305 T3	16-06-1995
		FI 931976 A	30-04-1993
		JP H09527 U	21-10-1997
		JP 2603989 Y2	04-04-2000
		JP H05507140 A	14-10-1993
		MX 169331 B	29-06-1993
		PL 167606 B1	30-09-1995
		US 5020454 A	04-06-1991
		WO 9208077 A1	14-05-1992
		YU 81491 A	03-10-1995
		ZA 9103223 B	26-02-1992
EP 0022454 A2	21-01-1981	DE 3065588 D1	22-12-1983
		EP 0022454 A2	21-01-1981
		JP S5616008 A	16-02-1981
		JP S5942202 B2	13-10-1984
		US 4294178 A	13-10-1981
US 5799594 A	01-09-1998	AU 5422594 A	29-05-1995
		CN 1106909 A	16-08-1995
		CZ 9601302 A3	16-10-1996
		DE 4395243 T1	21-11-1996
		HU 220143 B	28-11-2001
		PL 305749 A1	15-05-1995
		RU 2104443 C1	10-02-1998
		US 5799594 A	01-09-1998
		WO 9513502 A1	18-05-1995
EP 0405294 A2	02-01-1991	DE 3920798 A1	10-01-1991
		EP 0405294 A2	02-01-1991

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/058301

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CN 103134049 B	30-09-2015	KEINE	
US 2006191451 A1	31-08-2006	BR PI0606878 A2	13-04-2010
		CN 2763701 Y	08-03-2006
		IN 266745 B	29-05-2015
		JP 5068183 B2	07-11-2012
		JP 2008531967 A	14-08-2008
		US 2006191451 A1	31-08-2006
		US 2008250990 A1	16-10-2008
		ZA 200707346 B	26-11-2008