



(11)

EP 3 228 935 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
16.10.2019 Patentblatt 2019/42

(51) Int Cl.:
F23C 6/04 (2006.01) **F23C 5/32** (2006.01)
F23D 1/00 (2006.01) **F23L 9/00** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16164523.9**

(22) Anmeldetag: **08.04.2016**

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

METHOD FOR LOW NITROUS OXIDE COMBUSTION OF SOLID, LIQUID OR GASEOUS FUELS, ESPECIALLY COAL DUST, A BURNER AND A FURNACE FOR PERFORMING SAID METHOD

PROCÉDÉ DE COMBUSTION PAUVRE EN OXYDE D'AZOTE DE COMBUSTIBLES GAZEUX, SOLIDES OU LIQUIDES, EN PARTICULIER DE POUSSIÈRE DE CHARBON, BRÛLEUR ET INSTALLATION DE COMBUSTION DESTINÉE A EXÉCUTER LE PROCÉDÉ

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.10.2017 Patentblatt 2017/41

(73) Patentinhaber: **Steinmüller Engineering GmbH**
51643 Gummersbach (DE)

(72) Erfinder:
• **Thierbach, Hans-Ulrich**
51674 Wiehl (DE)
• **Hamel, Stefan**
57482 Wenden (DE)

• **Santhirasegaran, Anojan**
51643 Gummersbach (DE)
• **Nasri, Samir**
51643 Gummersbach (DE)

(74) Vertreter: **Godemeyer Blum Lenze Patentanwälte Partnerschaft mbB - werkpatent**
An den Gärten 7
51491 Overath (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 0 022 454 EP-A2- 0 405 294
CN-B- 103 134 049 DE-A1- 3 531 571
DE-B3- 10 301 316 DE-C- 890 254
US-A- 5 020 454 US-A- 5 799 594
US-A- 6 138 588 US-A1- 2006 191 451

EP 3 228 935 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] 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

[0002] 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 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.

[0003] 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 Verbrennungsspitzen temperaturen zu vermeiden und dadurch die Verschlackungsneigung des Feuerraums durch Braunkohlenasche zu reduzieren.

[0004] 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, dass 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 Brü-

denstrom zu einem separaten Brenner oberhalb der Hauptbrenner geführt wird.

[0005] 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.

[0006] 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 Rundbrenners selbst eine Brüden-Trennung indem durch Drallschaufeln eine partikelreiche und eine partikelarme Schicht innerhalb des Staubringpalts erzeugt wird. Die Zufuhr von Verbrennungsluft erfolgt über außen liegende, ebenfalls konzentrische Ringspalten um den Staub-Traggas-Ringquerschnitt herum.

[0007] 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.

[0008] 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.

[0009] DE890254C beschreibt ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0010] 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.

[0011] 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.

[0012] 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.

[0013] 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.

[0014] Die Maßnahmen zur Reduzierung der NO_x -Emission richten sich auf eine Senkung der Verbrennungstemperatur und das Erzeugen eines Sauerstoffmangels bei der Verbrennung.

[0015] Bei Brennern mit geringer NO_x -Emission wurden z.B. die stufenweise Zuführung der Verbrennungsluft und die Rauchgasrückführung verwirklicht.

[0016] 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.

[0017] 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.

[0018] 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.

[0019] 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.

[0020] Zur stickoxidarmen Verbrennung von Kohlenstaub in einer Brennkammer ist bekannt das Oxidationsmittel, meistens in Form von Luft, gestuft zuzuführen.

[0021] 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 er-

reicht, 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 übersstöchiometrische Zugabe der Luft wird hierbei eine Reduzierung des bei der unterstöchiometrischen Verbrennung entstandenen CO erreicht.

[0022] 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 Hauptbrennstoffes 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.

[0023] 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 einge-
 40 düste Reduktionsbrennstoff an einer vorgegebenen Stelle in die dem Hauptbrenner zuzuordnende Primärflamme eingemischt wird.

[0024] 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.

[0025] 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.

[0026] 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.

[0027] 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 Kohlenstaubstrom 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 Schadstoffe-

missionen, 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

[0028] Die Probleme der Brenner des Standes der Technik stellen weiterhin die primäre NO_x -Bildung, die Wandkorrosion und Verschlackung dar.

[0029] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es daher die primäre NO_x -Bildung und die Wandkorrosion und Verschlackung im Brennergürtelbereich weiter zu verringern.

[0030] 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 innerhalb 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 Brennerluftstrom (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.

[0031] Das Einführen 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.

[0032] 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.

[0033] 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.

[0034] 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.

[0035] 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.

[0036] 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 ($\lambda = 0,8 - 0,99$).

[0037] 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 $\frac{1}{2}$ der horizontalen Abmessung des Brennstoffschlitzes ist.

[0038] 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.

[0039] 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.

[0040] 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.

[0041] 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.

55 Radiale Luftstufung

[0042] In einem bevorzugten Verfahren nimmt die Menge der über die eine oder die mehreren horizontal

verlaufenden Reihen von Luftschlitzen bzw. Luftpöden in den Feuerraum eingeföhrten Brennerluft in Richtung Seitenluftschlitze bzw. Seitenluftpöden zu. Hierbei wird eine radiale Luftstufung erzeugt. Bei dieser Verfahrensföhrung 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 Brennerluftpöden 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. Luftpöden gesteigert wird, nämlich in Richtung der Seite des Brenners, an der die Seitenluftpöden angeordnet sind.

[0043] 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

[0044] Wie oben erwähnt, wird die Brennerluft mittels einer oder mehrerer horizontal verlaufender Reihen von Luftschlitzen bzw. Luftpöden in den Feuerraum eingeföhrt, wobei der Brennstoffstrom oberhalb und unterhalb begrenzt wird, sowie ggf. horizontal unterteilt wird. In bevorzugter Weise nimmt die Menge der über diese Luftschlitze bzw. Luftpöden eingeföhrten 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.

[0045] 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 eine optimale Anpassung an den aktuellen Brennstoff zu ermöglichen.

5 Radiale Brennstoffstufung

[0046] 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%.

[0047] Um eine radiale Brennstoffstufung zu erreichen wird die Gestaltung des Zufuhrkanals zum Brennstoffaustritt so ausgeföhrt, dass durch die Strömungsföhrung 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 eingeföhrten Brennstoffstroms von der Seite der seitlichen Luftschlitze bzw. Luftpöden 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. -pöden benachbart ist; ii) Schikanen; iii) Lenkklappen; iv) Krümmung des Zufuhrkanals. Die Partikel werden durch Strömungsumlenkung auf die Seite des Brenners geföhrt, die der Seite der Seitenluftpöden 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 föhren zu einer verringerten Produktion von NO_x.

[0048] In einem weiteren bevorzugten Verfahren wird der über die seitlichen Luftschlitze bzw. Luftpöden eingeföhrte 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 eingeföhrt wird. Auch dadurch wird die Einmischung der Verbrennungsluft in den Traggas-Brennstoffstrom verzögert was zu einer Verringerung der Pro-

duktion von NO_x führt.

[0049] Auch eine weitere bevorzugte Maßnahme führt zu einer ausgedehnten 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.

[0050] 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 -Emissionen 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.

[0051] 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.

[0052] 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 nicht mehr über Schlitze, sondern durch thermisch stabilere Rohrkonstruktionen eingeführt.

[0053] 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.

[0054] Weiterhin ist bevorzugt, dass zur Sicherung des

Ausbrands des in den Feuerraum eingeführten Brennstoffes oberhalb der Zufuhr des Brennstoffstroms Ausbrandluft zugeführt wird.

[0055] In einem weiteren bevorzugten Verfahren weist der Feuerraum einen rechteckigen, insbesondere einen quadratischen Querschnitt auf, wobei der Brennstoffstrom in Form einer Wandfeuerung, vorzugsweise einer Allwandfeuerung in den Feuerraum eingeführt wird.

[0056] 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 Brennebene mindestens zwei erfindungsgemäße Brenner nebeneinander je Feuerraumwand angeordnet sind.

[0057] 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.

[0058] Zudem ist bevorzugt, dass ein zusätzlicher Luftstrom in Form einer Eckenfeuerung in den Feuerraum eingeführt wird.

[0059] 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 Bren-

ner zu stabilisieren. Je nach Zündwilligkeit der Kohle liegt die Versperrung des freien Querschnitts des Brennstoffschlitzes von 5 % bis 50 %.

[0060] 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.

[0061] 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, um die Konzentration des durch die Brennstoffschlitze eingeführten Brennstoffstroms von der Seite der seitlichen Luftschlitze bzw. Luftdüsen (11) zur gegenüberliegenden Seite hin zu erhöhen, wobei eine radiale Brennstoffstufung erzeugt wird.

[0062] 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

[0063] 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.

[0064] 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.

[0065] 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) Lenklappen;

iv) Krümmung des Zufuhrkanals.

[0066] Die Brennstoffschlitze weisen vorzugsweise eine rechteckige oder quadratische Form auf.

[0067] 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.

[0068] 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 $\frac{1}{2}$ der horizontalen Abmessung des Brennstoffschlitzes beträgt.

[0069] 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.

[0070] 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.

[0071] 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.

[0072] 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.

[0073] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist der Brenner 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.

[0074] 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 -Emissionen 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.

[0075] 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 Staubeilchen 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 Flammen-

stabilisatoren sind dabei am Brennstoffaustritt der Brennstoffschlitze angebracht und ragen in den Querschnitt des Brennstoffschlitzes hinein.

[0076] 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).

[0077] 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.

[0078] 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.

[0079] 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.

[0080] 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.

[0081] Als Flammenstabilisatoren können die oben aufgeführten Variationen zum Einsatz kommen, und insbesondere auch Kombinationen daraus an einem Brenn-

stoffaustritt. Diese Situation wird in Figur 10 dargestellt.

[0082] Die von den Flammenstabilisatoren bezogen auf die freie Fläche $A_{\text{frei,oben}} = b \cdot h_2$ für den oberen Staub-Halbfinger bzw. $A_{\text{frei,unten}} = b \cdot h_1$ (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 zündunwilliger Kohle ist eine größere Versperrung notwendig, um 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 %.

[0083] Um die Zündung des Brennstoffes direkt am Brenner weiterhin stabil sicherzustellen werden vorzugsweise Rampen am Brennstoffaustritt angebracht, die den Brennerzufuhrkanal 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.

[0084] 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 Brennstoffschlitze 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.

[0085] 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.

[0086] In einer bevorzugten Ausführungsform sind 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.

[0087] 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.

[0088] Weiterhin sind die Brenner vorzugsweise in einem Winkel von 2° bis 30°, vorzugsweise von 5° bis 15°, bezüglich der Horizontalen nach unten geneigt ausgerichtet.

[0089] 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.

[0090] 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 Brennebene mindestens zwei erfindungsgemäße Brenner nebeneinander je Feuerraumwand angeordnet sind.

[0091] 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 erfindungsge-

mäßigen Brennern angeordnet.

[0092] In einer 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.

[0093] 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 $\frac{1}{2}$ der horizontalen Abmessung des Brennstoffschlitzes beträgt.

[0094] 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.

[0095] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform 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 ist, dass die über diese Luftschlitzen bzw. Luftdüsen eingeführte Luftmenge in Richtung Seitenluftschlitze- bzw. -düsen zunimmt, wobei eine radiale Luftstufung erzeugt wird.

[0096] In einer 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.

[0097] Besonders bevorzugt sind oberhalb der Hauptbrenner Ausbrandluftdüsen zur Einführung von Ausbrandluft in den Feuerraum angeordnet.

[0098] In einer bevorzugten Ausführungsform der Feuerungsanlage sind zusätzliche Luftdüsen in den Ecken des Feuerraums angeordnet, was auch als Eckenfeuerung bezeichnet wird.

[0099] 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/LuftGemisches. 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.

[0100] 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.

[0101] 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.

[0102] 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 2 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 $\frac{1}{2}$ der horizontalen Abmessung des Brennstoffschlitzes 2 beträgt.

[0103] 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 Brenn-

stoffstrom, und der Brennstoffstrom zwischen dem Seitenluftstrom und der zentralen Längsachse des Feuerraums verläuft.

[0104] 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.

[0105] 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.

[0106] 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.

[0107] 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.

[0108] In **Figur 5** wird die radiale Brennstoffstufung des Brenners, die in einem bevorzugten Verfahren ge-

mäß 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.

[0109] 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 vorwiegend 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.

[0110] 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.

[0111] 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.

[0112] 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 derselben 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 Horizon-

talen und an der unteren Horizontalen in Richtung der Kante benachbart zu den Seitenluftdüsen- bzw. -Schlitzen nicht durchgehend verteilt angebracht sind (Figur 9 B).

[0113] Figur 10 zeigt eine Ausführungsform, bei der Flammenstabilisatoren 12 unterschiedlicher Geometrien an einem Brennstoffaustritt 2 angebracht sind.

[0114] 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.

[0115] 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 Mischefekt der Luft in den Brennstoffstrahl und somit eine zusätzliche Unterdrückung der primären NO_x -Bildung.

[0116] 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.

[0117] 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

[0118]

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

25 Patentansprüche

1. Verfahren zur Verbrennung von festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen, insbesondere Kohlenstaub, bei dem der Brennstoffstrom über einen oder mehrere Hauptbrenner (1) in einen Feuerraum (18) eingeführt und verbrannt wird, wobei der Brennstoffstrom des jeweiligen Hauptbrenners (1) über einen Brennstoffschlitz (2) oder über mehrere in einer Vertikalebene angeordnete Brennstoffschlitze (2) in den Feuerraum (18) eingeführt wird, wobei zusätzliche Brennerluft über Luftschlitze oder Luftdüsen (8, 9, 10, 11) in den Feuerraum (18) eingeführt wird; wobei ein Teil der zusätzlichen Brennerluft mittels horizontal verlaufender Reihen von Luftschlitzen oder Luftdüsen (8, 9, 10) in den Feuerraum (18) eingeführt wird, wobei der Brennstoffstrom von der durch diese Luftschlitze oder Luftdüsen (8, 9, 10) eingeführten Brennerluft oberhalb und unterhalb begrenzt wird; wobei optional weitere Brennerluft mittels einer oder mehrerer horizontal verlaufender Reihen von Luftschlitzen oder Luftdüsen (9) in den Feuerraum (18) 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 (2) des Hauptbrenners (1) erstrecken, in den Feuerraum (18) eingeführt wird und den Brennstoffstrom des jeweiligen Hauptbrenners (1), an einer Seite vertikal begrenzt und ein Seitenluftstrom ausgebildet wird;

- dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens 20% der über einen Hauptbrenner (1) eingeführten Brennerluft über die seitlichen Luftschlitze oder Lufterdosen (11) des Hauptbrenners (1) in den Feuerraum (18) eingeführt wird, so dass eine vertikale Schichtung zwischen Brennstoffstrom und Brennerluftstrom erzeugt wird; und
- dass die Konzentration des Brennstoffstroms innerhalb 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 (1) eingeführten Luftstroms über die seitlichen Luftschlitze oder Lufterdosen (11) des Hauptbrenners (1) strömen.
 3. Das Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Feuerraum (18) eine schraubenförmige, aufsteigende Strömung aufgebaut wird, und wobei bezogen auf den Drehsinn der schraubenförmigen Strömung der über die seitlichen Luftschlitze oder Lufterdosen (11) in den Feuerraum (18) 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 Lufterdosen (8, 9, 10) eingeführten Brennerluft in Richtung Seitenluftschlitze bzw. -dosen (11) 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. Lufterdosen (8, 9, 10, 11) eingeführten Brennerluft von oben nach unten, von unten nach oben oder von oben und unten in Richtung Mitte des Brenners (1) zunimmt, wobei eine vertikale Luftstufung erzeugt wird.
 6. Brenner (1) für eine Feuerungsanlage zur Einführung eines Brennstoffstroms, insbesondere eines Kohlenstaubstroms in einen Feuerraum (18) der Feuerungsanlage, wobei der Brenner (1) einen Brennstoffschlitz (2) oder mehrere in einer Vertikalebene angeordnete Brennstoffschlitze (2) aufweist, wobei eine oder mehrere horizontale Reihen von Luftschlitzen oder Lufterdosen (8, 9, 10) zumindest oberhalb und unterhalb der Brennstoffschlitze (2) angeordnet sind, wobei einseitig der Brennstoffschlitze (2) Luftschlitze oder Lufterdosen (11) angeordnet sind, welche sich mindestens über die gesamte vertikale Erstreckung aller Brennstoffschlitze (2) des Brenners (1) erstrecken; und **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brenner (1) in den Brennstoffschlitzen (2) oder deren Zufuhrkanäle Mittel zu Strömungsumlenkung (20) enthält, um die Konzentration des durch die Brennstoffschlitze (2) eingeführten Brennstoffstroms von der Seite der seitlichen Luftschlitze bzw. Lufterdosen (11) zur gegenüberliegenden Seite hin zu erhöhen, wobei eine radiale Brennstoffstufung erzeugt wird.
 7. Brenner (1) für eine Feuerungsanlage gemäß Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur Strömungsumlenkung (20) in den Brennstoffschlitzen (2) oder deren Zufuhrkanäle ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus
 - i) einer einseitigen Verjüngung des Zufuhrkanals (20);
 - ii) Schikanen;
 - iii) Lenklappen;
 - iv) Krümmung des Zufuhrkanals.
 8. Brenner (1) für eine Feuerungsanlage gemäß Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die seitlichen Luftschlitze oder Lufterdosen (11) so angeordnet sind, dass der Abstand zwischen dem Mittelpunkt des Luftschlitzes bzw. der Lufterdose (11) zur benachbarten Kante des Brennstoffschlitzes (2) höchstens $\frac{1}{2}$ der horizontalen Abmessung des Brennstoffschlitzes (2) beträgt.
 9. Brenner (1) für eine Feuerungsanlage gemäß irgendeinem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausrichtung der seitlichen Luftschlitze bzw. Lufterdosen (11) um einen Winkel von 2° bis 20° , vorzugsweise von 5° bis 15° , von den Brennstoffschlitzen (2) weg geneigt sind.
 10. Brenner (1) für eine Feuerungsanlage gemäß irgendeinem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** am Brennstoffaustritt (19) der Brennstoffschlitze (2) Flammenstabilisatoren (12) angebracht sind und in den Querschnitt des Brennstoffschlitzes (2) hineinragen.
 11. **Feuerungsanlage** zur Verbrennung von festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen, insbesondere Kohlenstaub, wobei mindestens ein Brenner (1) gemäß den Ansprüchen 6 bis 10 je Feuerraumwand (14) angeordnet ist und diese Brenner (1) tangential auf einen Brennkreis im Feuerraum (18) ausgerichtet sind.
 12. Die Feuerungsanlage gemäß Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brenner (1) in ei-

nem 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 (1) gemäß den Ansprüchen 6 bis 10 nebeneinander je Feuerraumwand (14) angeordnet ist. 5
14. Die Feuerungsanlage gemäß irgendeinem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei oder mehr Brenner (1) gemäß den Ansprüchen 6 bis 10 übereinander je Feuerraumwand (14) angeordnet ist. 10
15. Die Feuerungsanlage gemäß irgendeinem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** oberhalb der Hauptbrenner (1) Ausbrandluftdüsen zur Einführung von Ausbrandluft in den Feuerraum (18) angeordnet sind. 20

Claims

1. Process for the combustion of solid, liquid or gaseous fuels, in particular coal dust, in which the fuel stream is introduced into a furnace (18) via one or more main burners (1) and is burnt, wherein the fuel stream of the respective main burner (1) is introduced into the furnace (18) via a fuel slot (2) or via a plurality of fuel slots (2) arranged in a vertical plane, wherein additional burner air is introduced into the furnace (18) via air slots or air nozzles (8, 9, 10, 11); wherein a part of the additional burner air is introduced into the furnace (18) by means of horizontally extending rows of air slots or air nozzles (8, 9, 10), wherein the fuel stream is confined above and below by the burner air introduced through these air slots or air nozzles (8, 9, 10); wherein optionally further burner air is introduced into the furnace (18) by means of one or more horizontally extending rows of air slots or air nozzles (9), wherein the fuel stream is divided horizontally by said burner air; wherein the other part of the burner air is introduced into the furnace (18) via air slots or air nozzles (11), which are arranged on one side and extend at least over the entire vertical extent of all the fuel slots (2) of the main burner (1), and confines vertically the fuel stream of the respective main burner (1) at one side and wherein a lateral air stream is formed; **characterized in that** at least 20% of the burner air introduced via a main burner (1) is introduced into the furnace (18) via the lateral air slots or air nozzles (11) of the main burner (1) so as to produce a vertical layering between the fuel stream and the burner air stream; and 50

in that the concentration of the fuel stream within the fuel stream increases from the side of the lateral air stream to the opposite side, wherein a radial fuel staging is generated.

2. The method according to claim 1, **characterized in that** at least 30%, preferably at least 40%, at least 50%, at least 60%, at least 70%, at least 80%, at least 85%, at least 90%, at least 95% of the airstream introduced through the main burner (1) flows through the lateral air slots or air nozzles (11) of the main burner (1).
3. The method according to claim 1 or 2, **characterized in that** a helical ascending stream is formed in the furnace (18), and wherein, with respect to the direction of rotation of the helical stream, the burner air stream introduced into the furnace (18) via the lateral air slots or air nozzles (11) is introduced ahead of the fuel stream.
4. The method according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** the amount of burner air introduced through the one or more horizontal rows of air slots or air nozzles (8, 9, 10) increases towards lateral air slots or nozzles (11), producing a radial air staging.
5. The method according to any one of claims 1 to 4, **characterized in that** the amount of burner air introduced through the air slots or air nozzles (8, 9, 10, 11) increases from top to bottom, from bottom to top or from top and bottom in the direction of the center of the burner (1), producing a vertical air staging.
6. Burner (1) for a combustion plant for introducing a fuel stream, in particular a coal dust stream, into a furnace (18) of the combustion plant, the burner (1) is having a fuel slot (2) or a plurality of fuel slots (2) arranged in a vertical plane, wherein one or more horizontal rows of air slots or air nozzles (8, 9, 10) are arranged at least above and below the fuel slots (2), wherein air slots or air nozzles (11) are arranged on one side of the fuel slots (2) and extend at least over the entire vertical extent of all the fuel slots (2) of the burner (1); and **characterized in that** the burner (1) contains means for flow deflection (20) in the fuel slots (2) or supply ducts thereof in order to increase the concentration of the fuel stream introduced through the fuel slots (2) from the side of the lateral air slots or air nozzles (11) towards the opposite side, wherein a radial fuel staging is generated.
7. Burner (1) for a combustion plant according to claim 6, **characterized in that** the flow deflection means

(20) in the fuel slots (2) or their supply ducts are selected from the group consisting of

- i) a one-sided tapering of the supply duct (20);
- (ii) baffles;
- (iii) steering flaps;
- (iv) curvature of the supply ducts.

8. Burner (1) for a combustion plant according to claim 6 or 7, **characterized in that** the lateral air slots or air nozzles (11) are arranged such that the distance between the center of the air slot or the air nozzle (11) to the adjacent edge of the fuel slot (2) is at most $\frac{1}{2}$ of the horizontal dimension of the fuel slot (2).
9. Burner (1) for a combustion plant according to any one of claims 6 to 8, **characterized in that** the orientation of the lateral air slots or air nozzles (11) is inclined by an angle of 2° to 20° , preferably 5° to 15° , away from the fuel slots (2).
10. Burner (1) for a combustion plant according to any one of claims 6 to 9, **characterized in that** flame stabilizers (12) are mounted at the fuel outlet (19) of the fuel slots (2) and project into the cross-section of the fuel slot (2).
11. Combustion plant for the combustion of solid, liquid or gaseous fuels, in particular coal dust, wherein at least one burner (1) according to claims 6 to 10 is arranged per furnace wall (14) and these burners (1) being aligned tangentially to a firing circle within the furnace (18).
12. The furnace according to claim 11, **characterized in that** the burners (1) are inclined downwards at an angle of 2° to 30° , preferably 5° to 15° , with respect to the horizontal.
13. The combustion plant according to claim 11 or 12, **characterized in that** two or more burners (1) according to claims 6 to 10 are arranged side by side per furnace wall (14).
14. The combustion plant according to any one of claims 11 to 13, **characterized in that** two or more burners (1) according to claims 6 to 10 are arranged one above the other per furnace wall (14).
15. The combustion plant according to any one of claims 11 to 14, **characterized in that** burnout air nozzles for introducing burnout air into the furnace (18) are arranged above the main burners (1).

Revendications

1. Procédé de combustion de combustibles solides, li-

guides ou gazeux, en particulier de charbon pulvérisé, dans lequel le flux de combustible est introduit et brûlé dans une chambre de combustion (18) via un ou plusieurs brûleurs principaux (1), dans lequel le flux de combustible du brûleur principal (1) respectif est introduit dans la chambre de combustion (18) via une fente de combustible (2) ou via plusieurs fentes de combustible (2) agencées dans un plan vertical, dans lequel de l'air de brûleur supplémentaire est introduit dans la chambre de combustion (18) via des fentes de passage d'air ou des buses d'air (8, 9, 10, 11) ; dans lequel une partie de l'air de brûleur supplémentaire est introduite dans la chambre de combustion (18) au moyen de rangées de fentes de passage d'air ou de buses d'air (8, 9, 10) s'étendant horizontalement, dans lequel le flux de combustible est confiné au-dessus et au-dessous de l'air de brûleur introduit via ces fentes de passage d'air ou buses d'air (8, 9, 10) ; dans lequel facultativement de l'air de brûleur supplémentaire est introduit dans la chambre de combustion (18) au moyen d'une ou plusieurs rangées de fentes de passage d'air ou de buses d'air (9) s'étendant horizontalement, dans lequel le flux de combustible est divisé horizontalement par cet air de brûleur ; dans lequel l'autre partie de l'air de brûleur est introduite dans la chambre de combustion (18) par des fentes de passage d'air ou des buses d'air (11) agencées d'un côté, qui s'étendent au moins sur toute l'étendue verticale de toutes les fentes de combustible (2) du brûleur principal (1), et le flux de combustible du brûleur principal respectif (1) est confiné verticalement d'un côté et un flux d'air latéral est réalisé ; **caractérisé en ce qu'**au moins 20 % de l'air de brûleur introduit via un brûleur principal (1) est introduit dans la chambre de combustion (18) via les fentes de passage d'air ou buses d'air (11) latérales du brûleur principal (1), de sorte qu'une stratification verticale entre le flux de combustible et le flux d'air de brûleur est générée ; et **en ce que** la concentration du flux de combustible dans le flux de combustible augmente à partir du côté du flux d'air latéral vers le côté opposé, dans lequel un étagement de flux de combustible radial est généré.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**au moins 30 %, de préférence au moins 40 %, au moins 50 %, au moins 60 %, au moins 70 %, au moins 80 %, au moins 85 %, au moins 90 %, au moins 95 % du flux d'air introduit via le brûleur principal (1) s'écoule par les fentes de passage d'air ou buses d'air (11) latérales du brûleur principal (1).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'un** flux ascendant hélicoïdal est établi dans la chambre de combustion (18), et dans lequel le flux d'air de brûleur introduit dans la chambre de combustion (18) via les fentes de passage d'air ou buses d'air (11) latérales par rapport au sens de rotation du flux hélicoïdal est introduit en avance par rapport au flux de combustible. 5
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la quantité de l'air de brûleur introduite via les une ou plusieurs rangées de fentes de passage d'air ou de buses d'air (8, 9, 10) s'étendant horizontalement augmente dans la direction des fentes de passage d'air ou des buses d'air (11) latérales, dans lequel un étagement d'air radial est généré. 10
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la quantité d'air de brûleur introduite via les fentes de passage d'air ou les buses d'air (8, 9, 10, 11) augmente de haut en bas, de bas en haut ou du haut du bas dans la direction du milieu du brûleur (1), dans lequel un étagement d'air vertical est généré. 15
6. Brûleur (1) pour une installation de combustion permettant d'introduire un flux de combustible, en particulier un flux de charbon pulvérisé, dans une chambre de combustion (18) de l'installation de combustion, dans lequel le brûleur (1) présente une fente de combustible (2) ou plusieurs fentes de combustible (2) agencées dans un plan vertical, dans lequel une ou plusieurs rangées horizontales de fentes de passage d'air ou de buses d'air (8, 9, 10) sont agencées au moins au-dessus et au-dessous des fentes de combustible (2), dans lequel des fentes de passages d'air ou des buses d'air (11) sont agencées d'un côté des fentes de combustible (2), qui s'étendent au moins sur toute l'étendue verticale de toutes les fentes de combustible (2) du brûleur (1) ; et **caractérisé en ce que** le brûleur (1), dans les fentes de combustible (2) ou leurs canaux d'alimentation, contient des moyens de déviation de flux (20), pour augmenter la concentration du flux de combustible introduit par les fentes de combustible (2) depuis le côté des fentes de passage d'air ou des buses d'air (11) latérales vers le côté opposé, dans lequel un étagement de combustible radial est généré. 20
7. Brûleur (1) pour une installation de combustion selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** les moyens de déviation de flux (20) dans les fentes de combustible (2) ou leurs canaux d'alimentation sont sélectionnés à partir du groupe constitué par 25
 - i) un rétrécissement d'un côté du canal d'alimentation (20) ;
 - ii) des chicanes ;
 - iii) des volets de direction ;
 - iv) une incurvation du canal d'alimentation.
8. Brûleur (1) pour une installation de combustion selon la revendication 6 ou 7, **caractérisé en ce que** les fentes de passage d'air ou buses d'air (11) latérales sont agencées de sorte que la distance entre le point médian de la fente de passage d'air ou de la buse d'air (11) par rapport à un bord adjacent de la fente de combustible (2) est au plus égale à $\frac{1}{2}$ de la dimension horizontale de la fente de combustible (2). 30
9. Brûleur (1) pour une installation de combustion selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce que** l'orientation des fentes de passage d'air ou des buses d'air (11) latérales est inclinée en s'éloignant des fentes de combustion (2) selon un angle de 2° à 20°, de préférence de 5° à 15°. 35
10. Brûleur (1) pour une installation de combustion selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, **caractérisé en ce que** des stabilisateurs de flamme (12) sont montés au niveau de la sortie de combustible (19) des fentes de combustible (2) et font saillie dans la section transversale de la fente de combustible (2). 40
11. **Installation de combustion** pour brûler des combustibles solides, liquides ou gazeux, en particulier du charbon pulvérisé, dans laquelle au moins un brûleur (1) selon les revendications 6 à 10 est agencé par paroi de chambre de combustion (14), et ces brûleurs (1) sont orientés de manière tangentielle sur un circuit de combustion dans la chambre de combustion (18). 45
12. Installation de combustion selon la revendication 11, **caractérisée en ce que** les brûleurs (1) sont orientés inclinés vers le bas selon un angle de 2° à 30°, de préférence de 5° à 15°, par rapport à l'horizontale. 50
13. Installation de combustion selon la revendication 11 ou 12, **caractérisée en ce que** deux brûleurs (1) ou plus selon les revendications 6 à 10 sont agencés côte à côte par paroi de chambre de combustion (14). 55
14. Installation de combustion selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, **caractérisée en ce que** deux brûleurs (1) ou plus selon les revendications 6 à 10 sont agencés de manière superposée par paroi de chambre de combustion (14).
15. Installation de combustion selon l'une quelconque des revendications 11 à 14, **caractérisée en ce que** des buses d'air comburant sont agencées au-des-

sus du brûleur principal (1) pour introduire de l'air
comburant dans la chambre de combustion (18).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

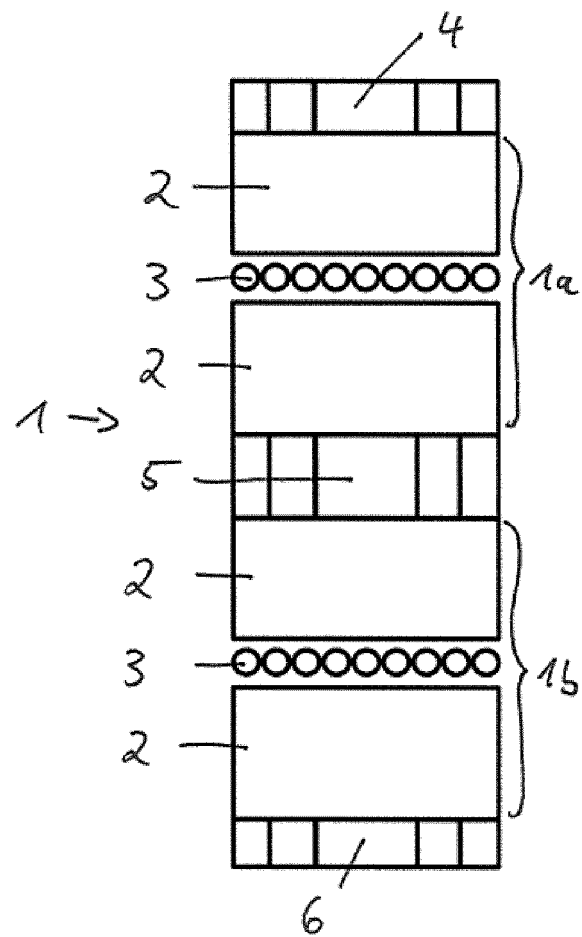


Fig. 1

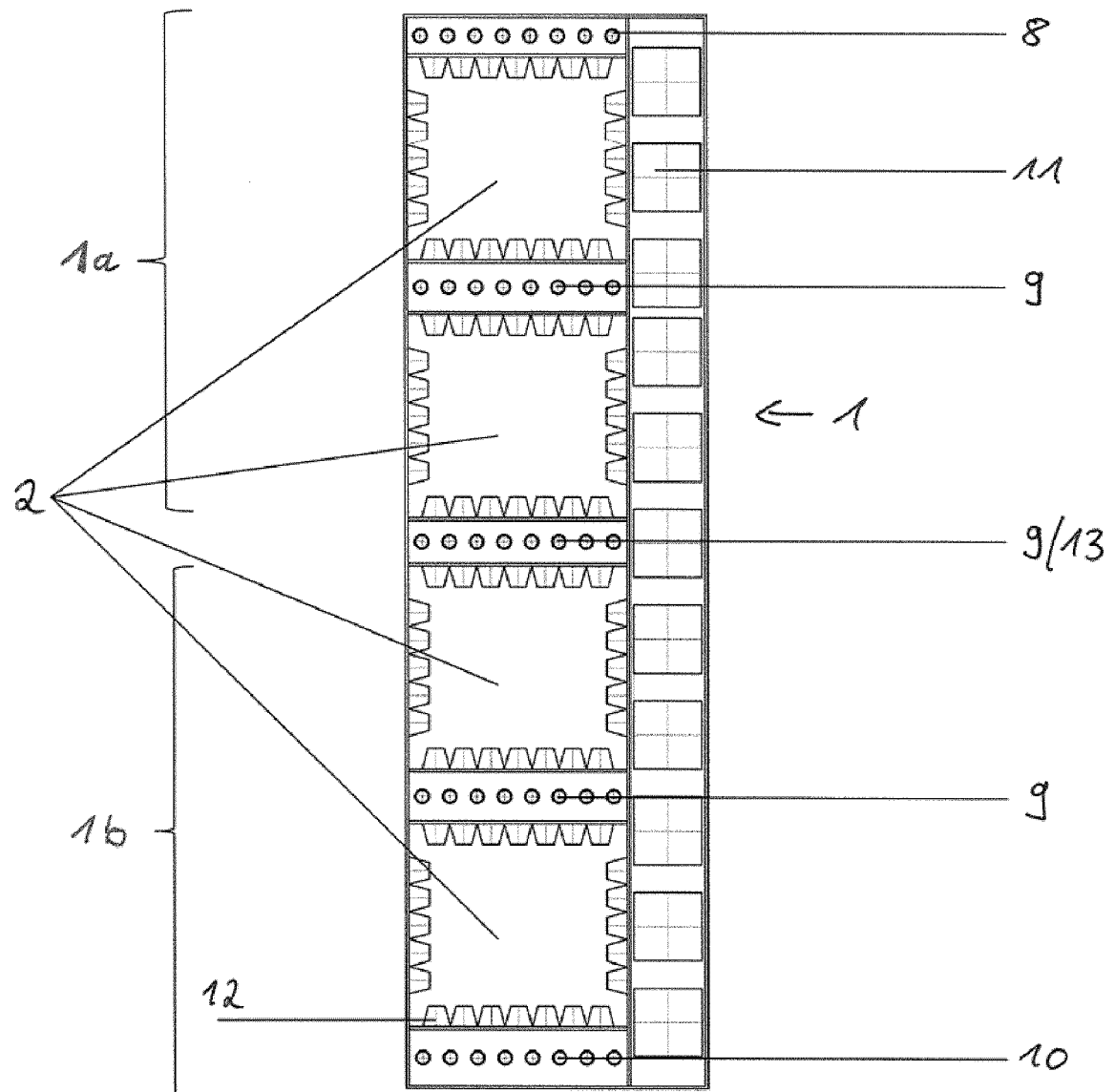


Fig. 2

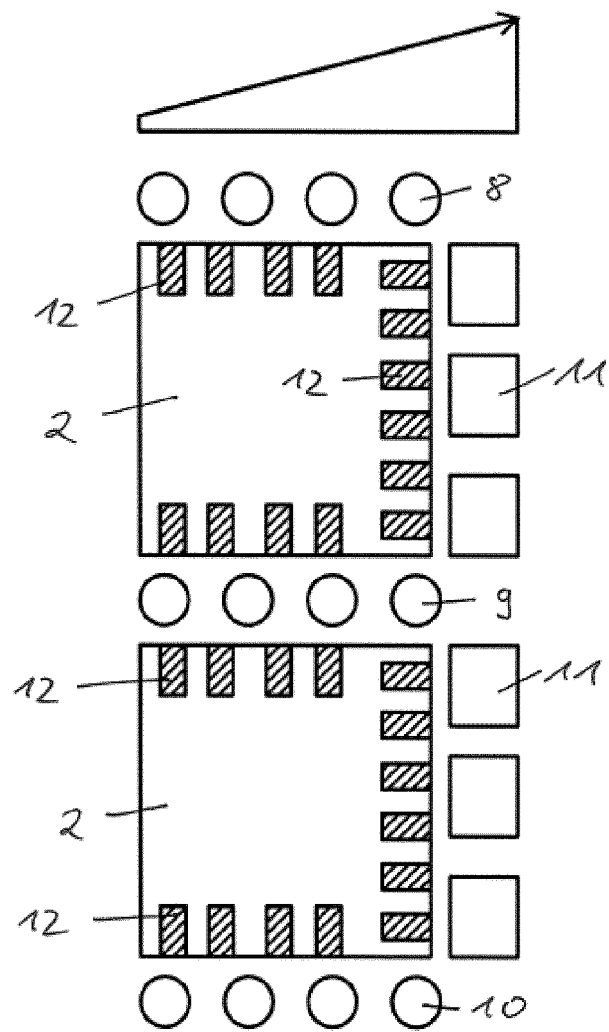


Fig. 3

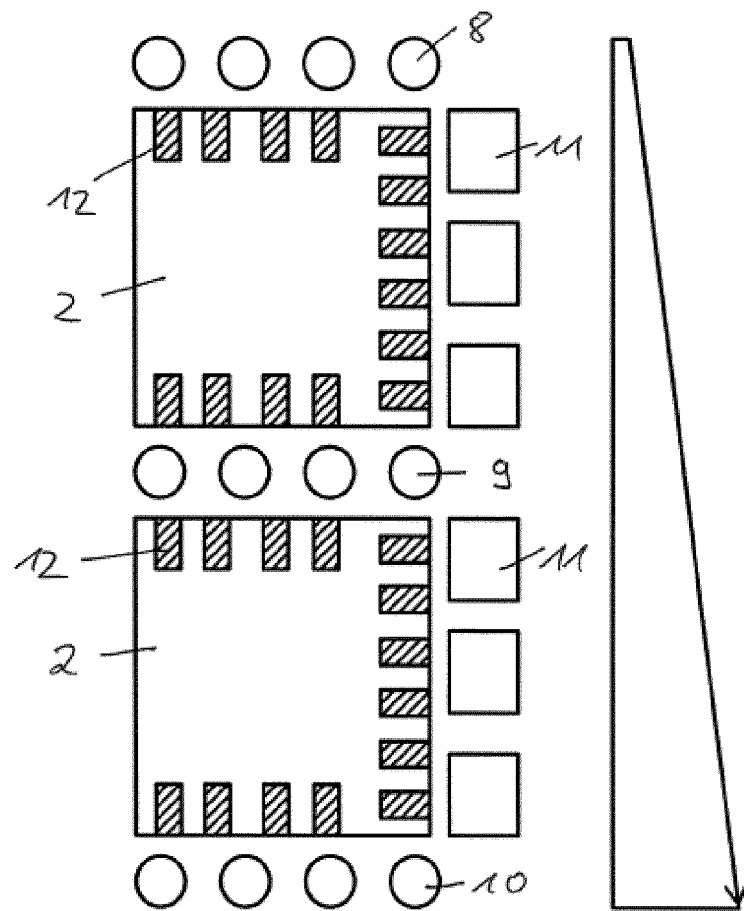


Fig. 4

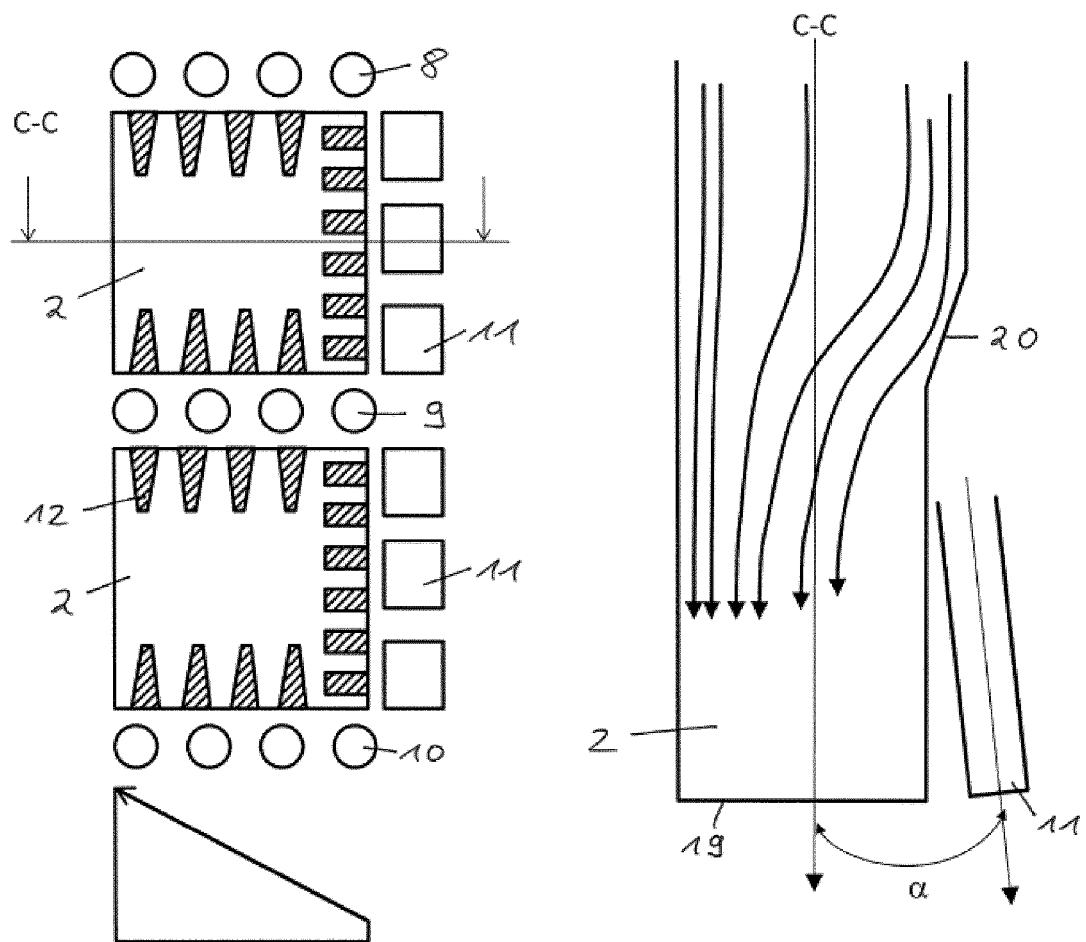


Fig. 5

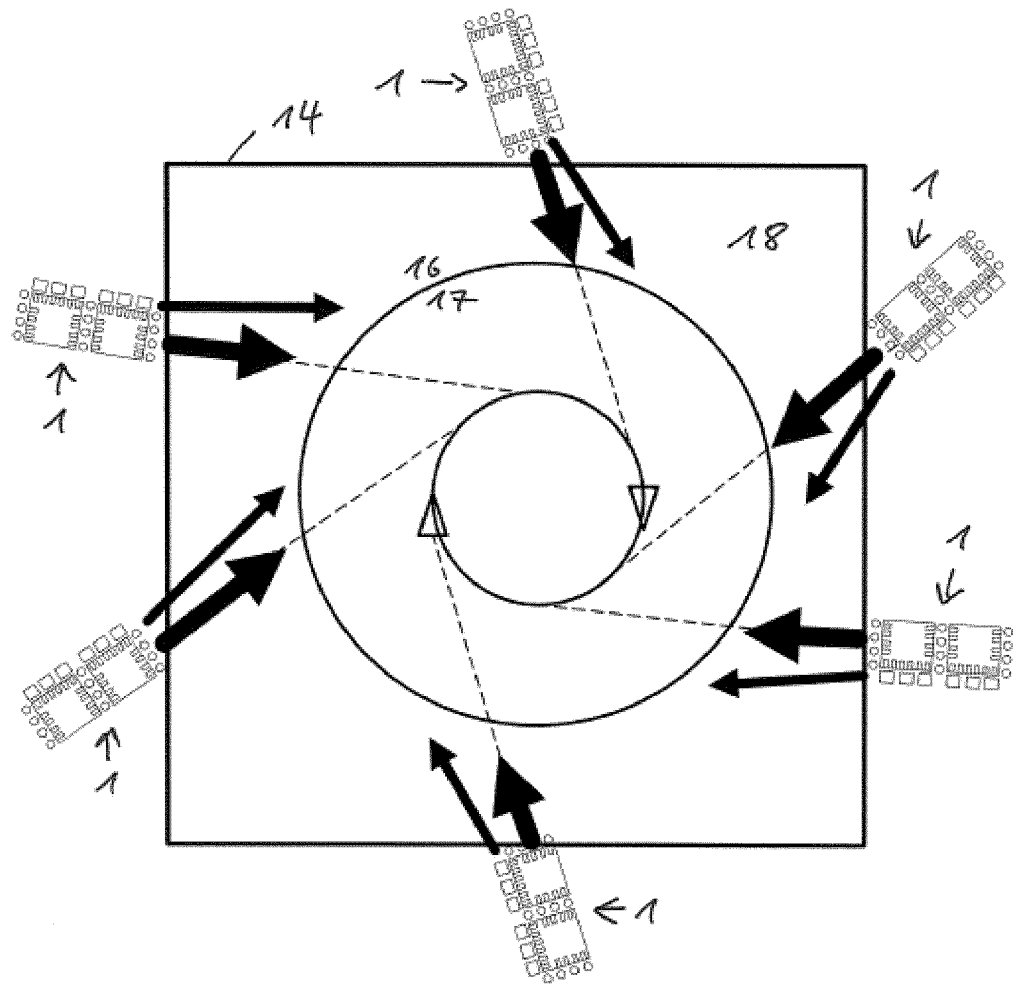


Fig. 6

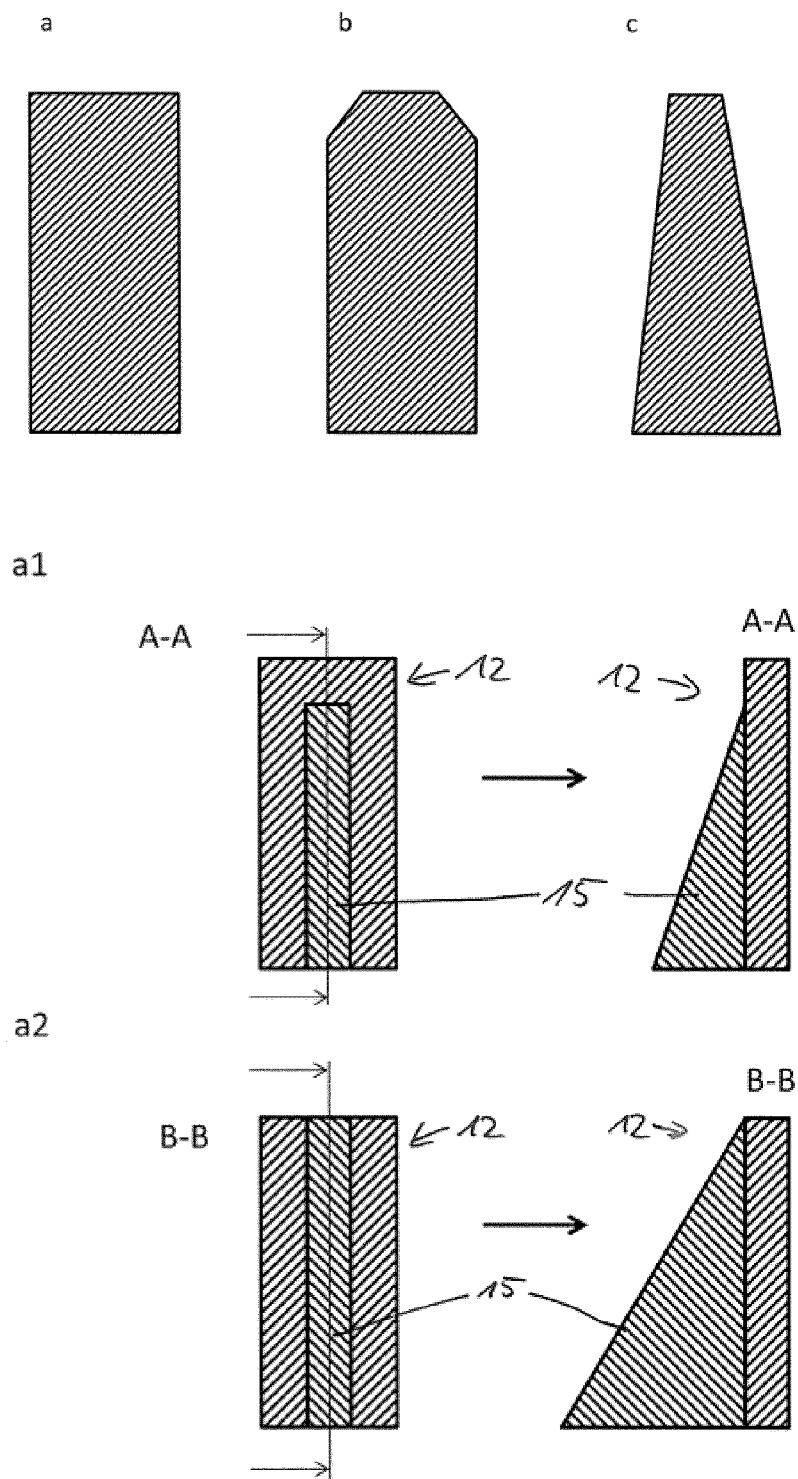


Fig. 7

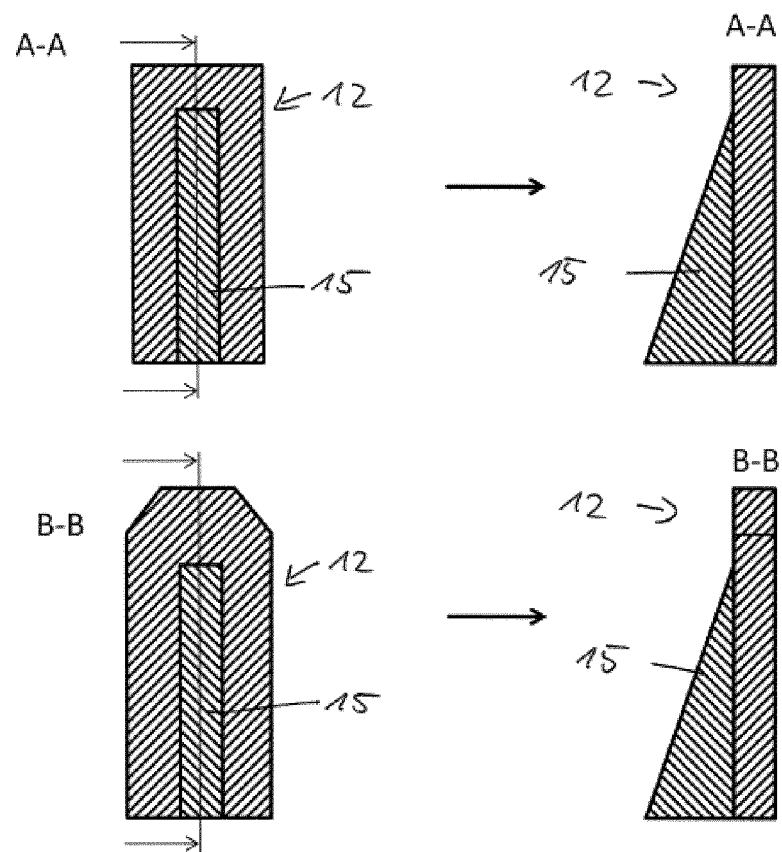


Fig. 8

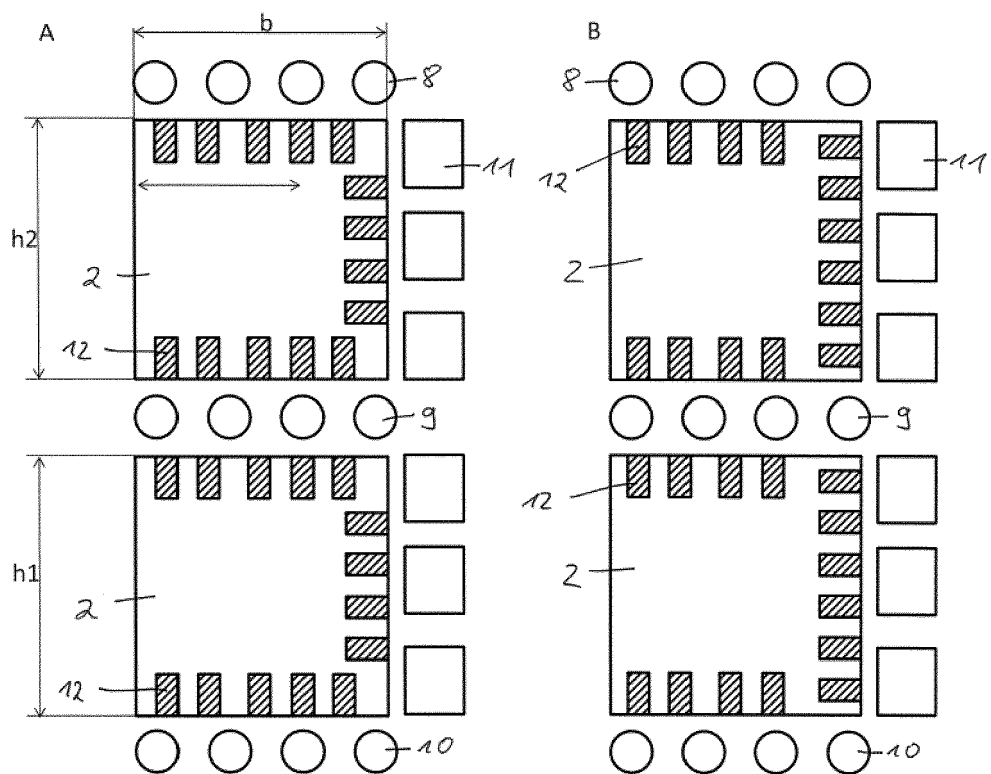


Fig. 9

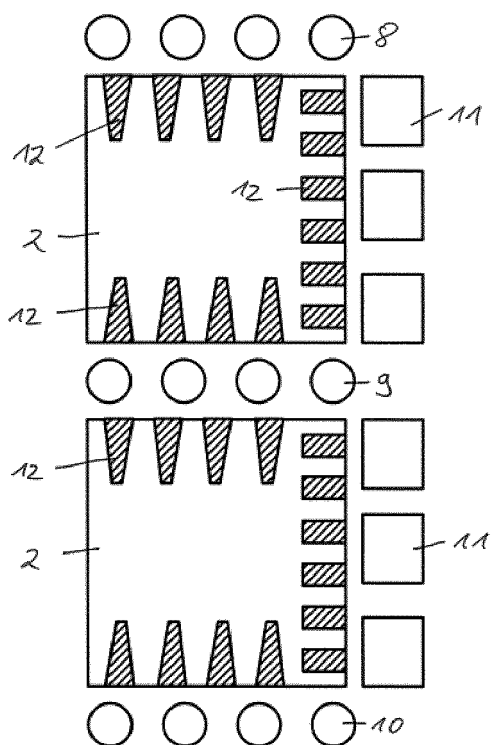


Fig. 10

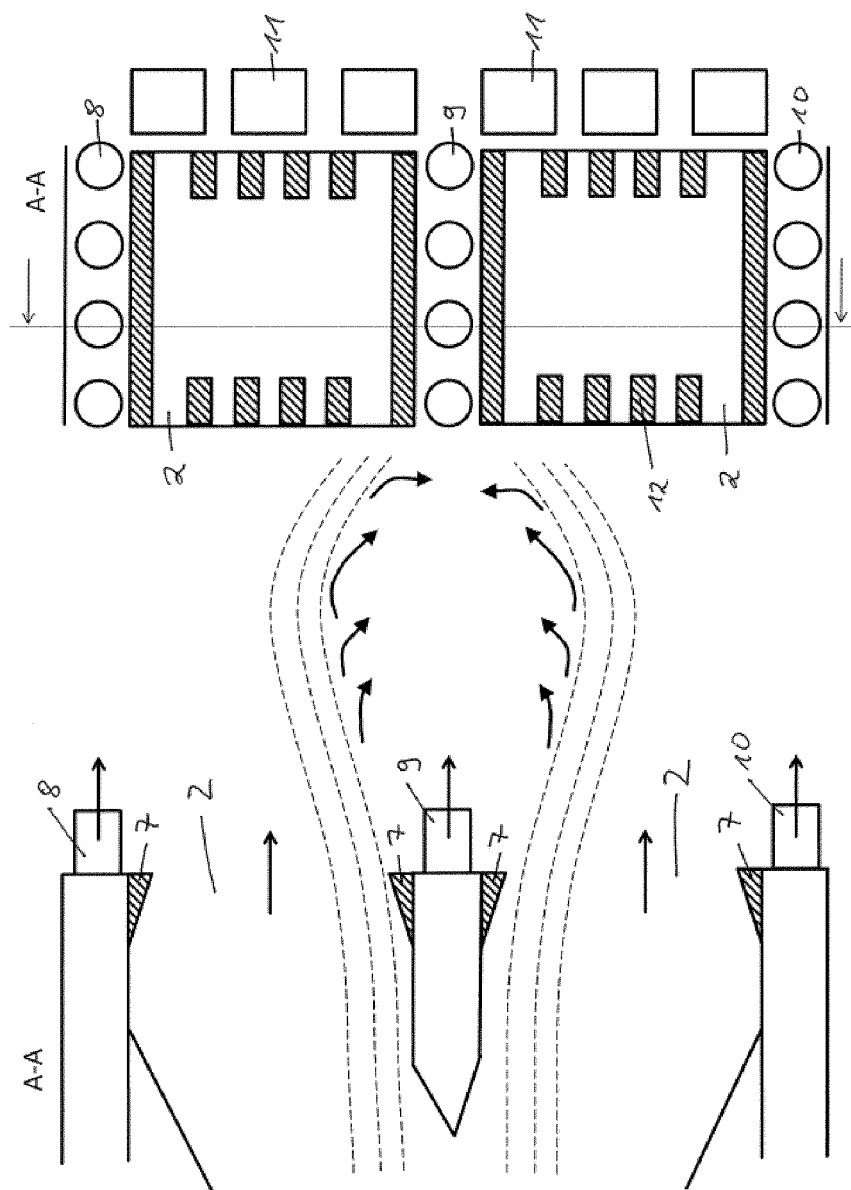


Fig. 11

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3731271 C2 [0003]
- DE OS2933528 A1 [0004]
- DE PS3731271 C2 [0005]
- EP 0670454 B1 [0006]
- DE OS3531571 A [0007] [0008]
- DE PS19514302 C2 [0007]
- DE 890254 C [0009]
- DE 3531571 A1 [0022]
- EP 1731832 A [0025] [0026]