

(19)



(11)

EP 3 084 300 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
18.04.2018 Patentblatt 2018/16

(51) Int Cl.:
F23D 1/02^(2006.01) F23C 99/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14838778.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2014/100447

(22) Anmeldetag: **15.12.2014**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/090278 (25.06.2015 Gazette 2015/25)

(54) PULSATIONSBRENNER ZUR VERBRENNUNG FESTER BRENNSTOFFE UND VERFAHREN ZU DESSEN BETRIEB

PULSATION BURNER FOR THE COMBUSTION OF SOLID FUELS, AND METHOD FOR THE OPERATION THEREOF

BRÛLEUR PULSATOIRE SERVANT À LA COMBUSTION DE COMBUSTIBLES SOLIDES ET PROCÉDÉ SERVANT À FAIRE FONCTIONNER LEDIT BRÛLEUR

(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

- **SCHERRMANN, Alexander**
76344 Eggenstein-Leopoldshafen (DE)
- **GEHRMANN, Hans-Joachim**
76356 Weingarten (DE)
- **SEIFERT, Helmut**
76069 Ludwigshafen (DE)

(30) Priorität: **18.12.2013 DE 102013114296**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.10.2016 Patentblatt 2016/43

(74) Vertreter: **Ege Lee & Partner**
Patentanwälte PartGmbB
Schirmgasse 268
84028 Landshut (DE)

(73) Patentinhaber: **Karlsruher Institut für Technologie (KIT)**
76131 Karlsruhe (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 005 438 EP-A2- 0 741 265
GB-A- 1 515 094 US-A- 2 945 459
US-A- 4 846 665

(72) Erfinder:
 • **SEUFERT, Tobias**
75031 Eppingen (DE)
 • **REIS, Helmut**
76344 Eggenstein-Leopoldshafen (DE)

EP 3 084 300 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 einen Feststoffbrenner für einen Brennraum zur Verbrennung von pulverisierten, festen Brennstoffen und ein Verfahren zu dessen Betrieb mit einer Primärluftzufuhreinrichtung und einer Brennstoffzufuhreinrichtung zur Herstellung eines Luft/Brennstoffgemisches aus Primärluft und Brennstoff sowie zumindest einer das Luft/Brennstoffgemisch an eine Mündungsöffnung transportierenden Lanze.

[0002] Aus der EP 005 438 A1 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Zündung und Aufrechterhaltung eines Verbrennungsvorgangs von pulverisierter, in einem Trägergasstrom einer Brennzone zugeführter Kohle bekannt. Es wird zur Verbesserung der Zündung und Erhaltung der Verbrennung vorgeschlagen, eine in einem vorgegebenen Bereich variierende Mischung aus Sauerstoff und Kohle in eine Brennzone zuzuführen. Eine umweltrelevante Erzeugung der Mischung ist nicht offenbart.

[0003] Aus der österreichischen Patentschrift Nr. 243167 ist eine Vorrichtung zum Steuern der Zufuhr von Brennstoff und Verbrennungsluft bei Brenneranlagen zur Erzielung einer pulsierenden Verbrennung bekannt.

[0004] Aus der französischen Patentschrift Nr. 795 933 ist eine in einem Luftstrom mit pulverisierter Kohle angeordnete Mischvorrichtung bekannt, bei der zwei frei gegeneinander drehende Propeller zur verbesserten Homogenisierung des Luft-/Kohlegemischs eingesetzt werden.

[0005] Aus der EP 1 312 859 A1 ist ein Feststoffbrenner bekannt, bei dem ein fester, pulverisierter Brennstoff wie Braunkohle und Primärluft vermischt werden und in einer Lanze einem Brennraum zugeführt und dort verbrannt werden. Zur Beschleunigung der Verbrennung wird zusätzlich Luft über eine zusätzliche Zufuhr in die Lanze eingebracht. Beispielsweise bedingt durch alternative Energiequellen werden derartige Feststoffbrenner bezüglich ihrer zu erbringenden Leistung variabel betrieben, das heißt teilweise unter Teillastbedingungen betrieben. Hierbei wird bevorzugt die Brennstoffzufuhr gedrosselt, so dass teilweise unvollständige Verbrennungsvorgänge mit instabilen Zündungsvorgängen auftreten. Hieraus resultieren hohe Schadstoffbelastungen, insbesondere hohe Anteile von Stickoxiden (NO_x).

[0006] Aus der EP 0 741 265 A2 ist ein Brenner bekannt, bei dem der Brennstoff mittels thermoakustischen Elementen pulsierend zugeführt wird. Aus der US 4,846,665 ist ein Gasbrenner und ein Verfahren zu dessen Betrieb bekannt, bei dem zur Reduktion von NO_x -Emissionen oszillierend brennstoffreiche und brennstoffarme Zonen ausgebildet werden. Aus den Schutzrechten US 2,945,459 und US 1,515,094 sind Feststoffbrenner bekannt, deren Zuluft pulsierend betrieben wird.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist die Weiterbildung eines Feststoffbrenners mit insbesondere in einem Teillastbereich verringerten Emissionswerten. Deswei-

teren ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren für einen Betrieb eines Feststoffbrenners vorzuschlagen, welches den Ausstoß geringerer Schadstoffemissionen ermöglicht.

[0008] Die Aufgabe wird durch den Gegenstand des Anspruchs 1 gelöst. Die von diesem abhängigen Ansprüche geben vorteilhafte Ausführungsformen des Gegenstands des Anspruchs 1 wieder. Desweiteren wird die Aufgabe durch die Merkmale des Verfahrens des Anspruchs 9 gelöst. Der von dem Anspruch 9 abhängige Anspruch 10 gibt eine vorteilhafte Ausführungsform des Verfahrens des Anspruchs 9 wieder.

[0009] Der vorgeschlagene Feststoffbrenner wird bevorzugt in Kraftwerken zur Stromerzeugung über Dampfturbinen, beispielsweise in Verbindung mit Kraft/Wärme Kopplungen eingesetzt. Mittels des vorgeschlagenen Feststoffbrenners und des vorgeschlagenen Verfahrens zu dessen Betrieb kann dessen Betrieb mit geringerer Schadstoffentwicklung insbesondere mit geringeren NO_x -Konzentrationen insbesondere im Teillastbetrieb und damit gemittelt beziehungsweise integriert über den gesamten Betrieb betrieben werden. Beispielsweise können zur Erreichung und Einhaltung von teilweise gesetzlich vorgegebenen Grenzwerten notwendige Mittel, beispielsweise SCR-Katalysatoren zur Entstickung und dergleichen eingespart beziehungsweise in verringertem Maße eingesetzt werden, so dass eine kostensparende Betriebsweise des Feststoffbrenners vorgesehen werden kann. Der Feststoffbrenner eignet sich hierbei bevorzugt in Kraftwerksprozessen mit einer Zufuhr des Brennstoffs mittels einer Lanze an einer Mündungsöffnung in den Brennraum. Hierbei treten im Gegensatz zu Rostfeuerungen durch niedrige Luftüberschüsse im Brennraum mit Luftzahlen von beispielsweise 1,4 und Temperaturen von 1200 °C und mehr hohe NO_x -Konzentrationen auf, die mittels des vorgeschlagenen Feststoffbrenners in diesen Umgebungen besonders wirksam reduziert werden.

[0010] Im Einzelnen lösen der vorgeschlagene Feststoffbrenner und das vorgeschlagene Verfahren zu dessen Betrieb für Kraftwerke mit Mündungsöffnungsbrennern folgende Teilaufgaben: Zum einen kann ein niedriges CO -Emissionsniveau bei variabler Last erzielt werden. Gleichzeitig, das heißt alternativ oder zusätzlich, können NO_x -Emissionen bei unterschiedlichen Lastfällen durch Pulsationsbetrieb auf niedrige NO_x -Konzentrationen, beispielsweise unter ein Viertel der NO_x -Konzentration eines nicht pulsierend betriebenen Feststoffbrenners unter ansonsten gleichen Bedingungen reduziert werden. Die Wärmeübertragung auf den Kessel bei variabler Last kann dabei durch eine Erhöhung der Verbrennungsintensität verbessert werden.

[0011] Hierbei kann während des pulsierenden Betriebs eine besonders gute Flammenstabilität erzielt werden, wenn als Feststoffbrenner ein Drallbrenner eingesetzt wird, dessen Flammenführung durch eine Zirkularströmung der Brennstoff- und Primärluftzufuhr, beispielsweise mittels einer um die Mündungsöffnung angeord-

neten, zirkular zugeführten Sekundärluftzufuhr, stabilisiert wird.

[0012] Als besonders vorteilhaft hat sich gezeigt, wenn eine Frequenz einer Pulsation wie Pulsationsfrequenz des Feststoffbrenners zwischen 0,5 Hz und 1 Hz vorge-
5
sehen wird. In diesem Bereich tritt ein Minimum der NO_x -Emissionen bei nahezu konstanten, auf einem niedrigen Niveau entstehenden CO- Konzentrationen auf. Die Pulsationsfrequenz ist unter Anderem abhängig von der Partikelgröße und deren Partikelverteilung der Brennstoffe und deren Beladung, so dass eine entsprechende Anpassung der Pulsationsfrequenz an diese Änderungen und entsprechend geänderte Pulsationsfrequenzen über den genannten Frequenzbereich hinaus von dem erfinderischen Gedanken umfasst sind.

[0013] Neben der Reduktion von Last und Emissionen kann bei dem vorgeschlagenen Feststoffbrenner die Verbrennungsintensität und das Flammenvolumen erhöht werden, was eine erhebliche Verbesserung der Wärmeübertragungsbedingungen bedeutet. Dies kann insbesondere bei Teillast einen Vorteil in großen Brennräumen darstellen.

[0014] Durch den pulsierenden Betrieb des vorgeschlagenen Feststoffbrenners kann eine verzögerte Mischung von Oxidationsmittel in Form der zugeführten Primärluft und gegebenenfalls zugeführten Sekundärluft und dem Brennstoff entstehen. Dies kann zu einer Ausdehnung des Flammenkörpers führen und über die Schichtdicke der Flamme die Wärmeabgabe verbessern. Dies ist insbesondere bei Teillast in Kraftwerksprozessen ein wesentlicher Vorteil. Die Bildung von NO_x wird dabei vermindert, die Verbrennungsintensität und Verbrennungseffizienz gesteigert.

[0015] Im Einzelnen enthält der für einen Brennraum zur Verbrennung von pulverisierten, festen Brennstoffen vorgeschlagene Festbrenner eine Primärluftzufuhreinrichtung, beispielsweise ein volumengeregeltes Gebläse, einen Saugzugventilator oder dergleichen. Zur Einbringung von festem, pulverisiertem Brennstoff in die in der Primärluftzufuhreinrichtung geführten Primärluft ist eine Brennstoffzufuhreinrichtung, beispielsweise eine das Volumen und/oder das Gewicht des Brennstoffs überwachenden Dosiereinrichtung wie Zufuhrklappen, Dosierschächten, Förderschnecken und/oder dergleichen vorgesehen. Die Brennstoffe können aus Braunkohle, Steinkohle, organischem Material, deren Mischungen und dergleichen gebildet sein. Eine Steuereinheit dient der Einstellung eines Gehalts an Brennstoff in der Primärluft, also einer Einstellung einer Mischung von Brennstoff und Luft, beispielsweise einer vorgegebenen Menge an Brennstoff bezogen auf eine Volumeneinheit der Primärluft mittels einer Dosiereinrichtung des Brennstoffs und/oder der Primärluft. Über zumindest eine Lanze, beispielsweise ein Dosier- oder Zufuhrrohr, einen Zufuhrkanal oder dergleichen des Feststoffbrenners wird das Luft/Brennstoffgemisch an eine Mündungsöffnung transportiert. Die Mündungsöffnung mündet in einem kugelförmigen, zylinderförmigen oder in Freiform ausgebil-

deten Brennraum mit einer Zündeinrichtung des Luft-/Brennstoffgemisches, so dass nach Zündung eine ausgehend von der Mündungsöffnung sich in den Brennraum erstreckende Flamme ausgebildet wird, die einen den Brennraum umgebenden oder angeschlossenen Kessel wie Dampfkessel erwärmt. Die bei der Verbrennung entstehenden Emissionen werden über eine Abgasöffnung, beispielsweise einen Kamin, Schornstein oder dergleichen emittiert. Hierbei kann eine Abgasreinigungsvorrichtung vorgeschaltet sein. Durch die Verminderung der entstehenden Emissionen kann eine derartige, gegebenenfalls vorhandene Abgasreinigungsvorrichtung effizienter betrieben werden.

[0016] Zur Verminderung der Emissionen wie Schadstoffbelastungen, insbesondere NO-Emissionen und CO-Emissionen ist zumindest in einem Teillastbereich des Feststoffbrenners in einem Strom des Luft/Brennstoffgemischs stromaufwärts vor der Mündungsöffnung eine Steuereinrichtung vorgesehen, die einen in dem Luft/Brennstoffgemisch enthaltenen Gehalt an Brennstoff über die Zeit pulsierend einstellt. Dies bedeutet, dass über die Zeit zyklisch variierend der Gehalt an Brennstoff in dem Luft/Brennstoffgemisch veränderbar vorgegeben wird.

[0017] In einer vorteilhaften Ausführungsform ist eine Steuereinrichtung vorgesehen, welche einen im Luft/Brennstoffgemisch konstant herangeführten Gehalt pulsierend an- und abreichert. Eine derartige Steuereinrichtung ist aus einer an der Lanze vor der Mündungsöffnung vorgesehenen, pulsierend Brennstoff aus dem Luft/Brennstoffgemisch aufnehmenden und abgebenden Stauscheibe gebildet. Es hat sich beispielsweise als vorteilhaft erwiesen, die Strömung an einer derartigen Stauscheibe so einzustellen, dass sich aufgrund von Wirbelungen an der Stauscheibe an weniger angeströmten Bereichen Brennstoff ablagert und aufgrund der sich abhängig vom abgelagerten Brennstoff ändernden Strömungsgeometrie sich der abgelagerte Brennstoff wieder löst. Es hat sich dabei überraschend herausgestellt, dass eine im Wesentlichen plane Ausbildung der Stauscheibe diese Steuereinrichtung ausbilden kann. Um beispielsweise eine Justierung der Stauscheibe vornehmen zu können, kann diese gegenüber der Lanze, in dem das Luft/Brennstoffgemisch geführt wird, verlagerbar, beispielsweise radial verlagerbar angeordnet sein. Auf diese Weise kann der Querschnitt der Lanze beispielsweise von außen mechanisch verstellbar ausgebildet sein. Die Stauscheibe kann automatisiert betätigt sein, beispielsweise radial beziehungsweise exzentrisch zu einem Querschnitt der Lanze in einem gegenüber der Lanze fest angeordneten Rahmen verlagert werden. In besonders ausgebildeten Ausführungsformen kann die Stauscheibe zur Erzielung des pulsierenden Effekts automatisiert in einer vorgesehenen beziehungsweise von einer elektronischen Steuerung vorgebbaren Frequenz, beispielsweise zwischen 0,5 Hz und 1 Hz gesteuert werden.

[0018] Zusätzlich zu einer pulsierenden An- und Abreicherung der Gehalte an Brennstoff kann eine Steuer-

einrichtung vorgesehen sein, welche an der Primärluftzufuhreinrichtung die Primärluftzufuhr pulsierend einstellt. Hierbei kann eine Dosiermenge des Brennstoffs zusätzlich zur Verstärkung des pulsierenden Effekts ebenfalls in derselben Phase pulsierend vorgenommen werden. In diesem Sinne ist eine entsprechende Steuereinrichtung für eine pulsierende Mengendosierung des Brennstoffs in den Primärluftstrom und eine Steuereinrichtung zur pulsierenden Steuerung des Primärluftstroms vorgesehen. Die Steuereinrichtung kann zum pulsierenden Betrieb der Primärluft beispielsweise entsprechende Zufuhrgebläse, Primärluftquerschnitte, Luftklappen, Ventile oder dergleichen pulsierend steuern.

[0019] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann koaxial zu der zumindest einen Lanze mit einer Primärluftzufuhr eine weitere Lanze zur Zufuhr von Brennstoff in einem Luftstrom, einem Trägergas oder dergleichen mit einem gegenüber dem Primärluftstrom gleichen, einem höheren oder verminderten Gasstrom vorgesehen sein, wobei in zumindest einer der Lanzen ein pulsierend betriebener Gasstrom in die Mündungsöffnung eingetragen und zumindest mittels einer Lanze der Brennstoff über die Mündungsöffnung in den Brennraum eingetragen wird.

[0020] Desweiteren können Anordnungen von bevorzugt koaxial zueinander angeordneten Lanzen vorgesehen sein, wobei zumindest ein in einer Lanze eingetragener Brennstoff Kohle ist und bei verschiedenen Brennstoffen ein Brennstoff organischer Feststoff, beispielsweise fest oder verfestigte und pulverisierte Biomasse ist. Staubbörmige Kohlen weisen dabei vorteilhafterweise Partikelgrößenverteilungen d_{p50} von 50 μm bis 110 μm auf. Alternative, beispielsweise der Kohle beigemischte oder zusätzliche, beispielsweise mittels einer separaten Lanze zugeführte Brennstoffe können beispielsweise bis zu 20 % der Feuerungswärmeleistung mitverbrannt werden und einen d_{p50} von 1 mm bis 4 mm aufweisen. Bei mehreren über separate Lanzen zugeführten Brennstoffen kann die Brennstoffzufuhr der Kohle und/oder des alternativen Brennstoffs pulsierend vorgesehen sein.

[0021] Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, eine Frequenz eines pulsierenden Gehalts an Brennstoff größer gleich 0,5 Hz und kleiner gleich 1 Hz einzustellen. In dem vorgeschlagenen Verfahren wird der vorgeschlagene Feststoffbrenner pulsierend betrieben, indem fester, pulverisierter Brennstoff pulsierend mit einer Frequenz zwischen 0,5 Hz und 1 Hz in den Brennraum dosiert wird. Das Verfahren kann in einem Vollastbetrieb zur Verbesserung des Schadstoffausstoßes, insbesondere Stickoxiden, einen pulsierenden Betrieb des Feststoffbrenners vorsehen. Das Verfahren wird in bevorzugter Weise jedoch ausschließlich während eines Teillastbetriebes pulsierend durchgeführt, so dass der Feststoffbrenner bevorzugt ausschließlich in einem Teillastbereich pulsierend betrieben wird.

[0022] Die Erfindung wird anhand des in den Figuren 1 bis 6 dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dabei zeigen:

- Figur 1 eine schematische Seitenansicht eines Feststoffbrenners,
 Figur 2 eine schematische Darstellung einer Brennstoffzufuhreinrichtung,
 5 Figur 3 ein Diagramm einer Schadstoffentwicklung abhängig von einer Pulsationsfrequenz eines Feststoffbrenners,
 Figur 4a ein Reduzierstück der das Luft/Brennstoffgemisch führenden Lanze in Ansicht,
 10 Figur 4b das Reduzierstück der Figur 4a entlang der Schnittlinie A-A mit angebrachter Steuereinrichtung,
 Figur 4c das Reduzierstück der Figuren 4a, 4b in 3D-Ansicht,
 15 Figur 5 die Steuereinrichtung der Figuren 1 und 4b in Ansicht mit aus dem Querschnitt der Lanze ausgefahrener Streuscheibe in schematischer Darstellung
 und
 20 Figur 6 die Steuereinrichtung der Figur 5 in Ansicht mit in den Querschnitt der Lanze eingefahrener Streuscheibe in schematischer Darstellung.
- 25 **[0023]** Die Figur 1 zeigt in schematischer Seitenansicht den an der Mündungsöffnung 2 des nur teilweise dargestellten Brennraums 3 mit der Ausmauerung 4 angeordneten Feststoffbrenner 1. Der Feststoffbrenner 1 weist drei koaxial umeinander angeordnete, mittels der Abstandshalter 8, 9 aufeinander abgestützte Lanzen 5, 6, 7 auf, mittels derer Gasströme und Brennstoff durch die Mündungsöffnung 2 in den Brennraum 3 eingebracht und nach Zündung mittels einer nicht dargestellten Zündeinrichtung, beispielsweise eines einen kontinuierlichen Brennbetrieb absichernden Zündbrenners, verbrannt werden. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel erfolgt die Primärluftzufuhr mit der Primärluft 11 und dem darin fluidisierten festen Brennstoff 10, dargestellt durch den Pfeil 14, beispielsweise aus einem Steigrohr 26, (Figur 2) mittels der radial äußeren Lanze 5, symbolisiert durch die Pfeile 12, so dass eine Einbringung des Brennstoffs 10 an der Mündungsöffnung 2 in Form eines Ringspalts erfolgt. In der zentralen Lanze 5 kann zusätzlich zu dem in der Primärluft 11 enthaltenen Brennstoff 10 ein weiterer in einem Gasstrom wie Luftstrom fluidisierter fester Brennstoff beispielsweise pulverisierte Biomasse oder dergleichen in den Brennraum 3, symbolisiert durch den Pfeil 13 eingebracht werden. In der radial zwischen den Lanzen 5, 6 liegenden Lanze 7 kann Gas für eine Stützflamme in den Brennraum 3 über einen weiteren Ringspalt, symbolisiert durch die Pfeile 15 eingebracht werden.
- 40 **[0024]** Der Feststoffbrenner 1 ist als Drallbrenner ausgebildet. Hierzu wird radial außerhalb der Lanzen 5, 6, 7 um diese die Sekundärluftzufuhr in Richtung des Pfeils 16 zugeführt, wobei der Drallerzeuger 17, beispielsweise ein Lüfterrad oder dergleichen an dem Ringspalt 18 einen Luftdrall in Richtung der Pfeile 19 erzeugt, so dass die Gas- und Brennstoffströme der Lanzen 5, 6, 7 an der

Mündungsöffnung 2 tangential symbolisiert durch die Pfeile 20 vermischt in den Brennraum 3 eingebracht werden.

[0025] Insbesondere in einem Teillastbereich des Feststoffbrenners 1 erfolgt die Zufuhr von Brennstoff 10 pulsierend, bevorzugt in einer Pulsationsfrequenz zwischen 0,5 Hz und 1 Hz. Hierzu ist in dem gezeigten Ausführungsbeispiel vor der Mündungsöffnung 2 in der Lanze 5 die Stauscheibe 21 in den Flansch 22 eingebracht. Bei vorgegebenem Primärluftstrom reichert sich zyklisch an der Stauscheibe 21 Brennstoff 10 an und wird nach einer erfolgten Anreicherung wieder abgelöst, so dass eine Beschickung des Brennraums 3 mit sich zyklisch in der vorgeschlagenen Pulsationsfrequenz ändernden Gehalten an Brennstoff 10 erfolgt. Gemäß einem weiteren Denkansatz wird eine pulsierende Einstellung der Gehalte an Brennstoff mittels eines an der Stauscheibe 21 eingestellten dynamischen Strömungsverhaltens des Brennstoff/Luftgemisches erzeugt. Die Pulsationsfrequenz ist abhängig von einer Partikelgrößenverteilung und einer Beladung des Primärluftstroms, also einem mittleren Gehalt an Brennstoff 10 in der Primärluft 11, der in bevorzugter Weise unterhalb eines typischen Gehalts an Brennstoff 10 bei Volllast liegt. Als vorteilhaft haben sich bei der Verwendung von Kohle als Brennstoff 10 beispielsweise Partikelgrößenverteilungen d_{50} zwischen 50 Mikrometer und 110 Mikrometer als vorteilhaft erwiesen. In diesem Sinn bildet die Stauscheibe 21 die Steuereinrichtung 23 zur Herstellung eines pulsierenden Gehalts an Brennstoff in der Primärluft 11.

[0026] Die Figur 2 zeigt eine gegenüber der Steuereinrichtung 23 geänderte Steuereinrichtung 23a zum pulsierenden Betrieb eines beispielsweise dem Feststoffbrenner 1 der Figur 1 ähnlichen Feststoffbrenners ohne Stauscheibe. Die Steuereinrichtung 23a ist durch die Dosiereinrichtung 24 gebildet, die zeitlich variierende Brennstoffmengen wie Brennstoffdosen 25 des Brennstoffs 10 in das zum Feststoffbrenner führende Steigrohr 26, in dem die Primärluft 11 geführt wird, einbringt. Hierzu ist die Dosiereinrichtung 24 als seelenlose Schnecke 27 ausgebildet, die mit einer vorgegebenen Drehgeschwindigkeit um die Drehachse d verdreht wird. Der Abstand a zwischen den Windungen 28 der Schnecke 27 ist dabei so bemessen, dass bei einer kontinuierlichen Befüllung der Schnecke 27 zwischen den von einer Windung 28 mitgenommenen Brennstoffdosen 25 und den in Transportrichtung davorliegenden Windungen 28 der Abstand b eingestellt wird, wodurch eine zeitlich variierende Zugabe von Brennstoffdosen 25 in das Steigrohr 26 erfolgt. Die Drehzahl der Schnecke 27 kann dabei an eine gewünschte Beladung der Primärluft 11 mit Brennstoff 10 angepasst werden, um eine gewünschte Frequenz wie Pulsationsfrequenz des Gehalts an Brennstoff 10 bevorzugt im Bereich von 0,5 Hz bis 1 Hz zu erzielen. Wird der Feststoffbrenner im Volllastbetrieb betrieben, sind die Abstände b aufgrund der erhöhten Brennstoffdosen 25 zwischen zwei Windungen ebenfalls mit Brennstoff 10 befüllt, so dass eine kontinuierliche Beschickung des

Steigrohrs 26 mit Brennstoff 10 erfolgt. Die Figur 3 zeigt das beispielsweise mittels eines der Figur 1 entsprechenden Feststoffbrenners 1 gemessene Diagramm 30 mit den Gehalten $c[\text{NO}_x]$ an Stickoxiden und $c[\text{CO}]$ an Kohlenstoffmonoxid des Abgases abhängig von der Frequenz F [Hz] wie Pulsationsfrequenz zwischen 0 und 1,2 Hz eines variierten Gehalts an festem, pulverisiertem Brennstoff 10 (Figuren 1 und 2). Die breiten Balken 31 - 35 geben dabei die Gehalte an Stickoxid und die schmalen Balken 36 - 40 die Gehalte an Kohlenstoffmonoxid an. Die Gehalte an Kohlenstoffmonoxid liegen weitgehend unabhängig von der Frequenz F auf einem niedrigen Niveau von beispielsweise zwischen 3 und 4 mg/Nm^3 bezogen auf 5 Volumenprozent trockenen Sauerstoffs, so dass kein negativer Einfluss vom pulsierenden Betrieb des Feststoffbrenners 1 auf die in ausreichender Weise niedrigen Gehalte des Kohlenstoffmonoxids ausgeht. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel fallen die Stickoxidgehalte im Bereich der Frequenzen $F=0$ am Balken 31, also bei nicht pulsierend betriebenen Feststoffbrenner 1, und einer Frequenz $F=1,2$ Hz am Balken 35 auf ein Minimum - hier bei der Frequenz $F=0,8$ signifikant von einem Betrieb bei nichtpulsierend betriebenen Feststoffbrenner 1 von beispielsweise über 500 mg/Nm^3 bezogen auf 5 Volumenprozent trockenen Sauerstoffs an Stickoxiden (Balken 31) auf teilweise auf unter 20 Prozent dieses Gehalts auf beispielsweise 120 mg/Nm^3 bezogen auf 5 Volumenprozent trockenen Sauerstoffs an Stickoxiden (Balken 33) Dem Diagramm 30 liegen die Messungen an dem Brennraum 3 der Figur 1 mit dem Feststoffbrenner 1 zugrunde. In anderen Brennumgebungen können geänderte Messwerte auftreten und andere Frequenzen für einen minimalen Gehalt an Stickoxiden vorteilhaft sein.

[0027] Die Figuren 4a bis 4c zeigen in der Zusammenschau das Reduzierstück 41 der Lanze 5 der Figur 1 in Ansicht gegen die Strömungsrichtung des Luft/Brennstoffgemisches (Figur 4a), einen Längsschnitt entlang der Strömungsrichtung entlang der Schnittlinie A-A mit angeordneter Steuereinrichtung 23 (Figur 4b) und in 3D-Ansicht (Figur 4c). Das Reduzierstück 41 weist zwei Rohrabschnitte 42, 43 mit unterschiedlichen Durchmessern D1, D2, beispielsweise zirka 150 mm und 70 mm auf. An dem größeren Durchmesser D1 ist die Öffnung 44 beispielsweise mit einem Durchmesser D3 von zirka 40 mm bis 45 mm zur Aufnahme des Steigrohrs zur Einführung des Luft/Brennstoffgemisches in die Lanze 5 und anschließend in den Brennraum 3 eingebracht. Der Abstand A1 des Mittelpunkts der Öffnung 44 zum Ende des Rohrabschnitts 42 beträgt zirka 65 mm. Die Längen L1, L2 der Rohrabschnitte 42, 43 betragen ca. 115 mm und 50 mm. Die Länge L3 des Mittelabschnitts 45 zwischen den beiden Rohrabschnitten 42, 43 beträgt zirka 140 mm. Die Radien R1, R2 an den Übergängen zwischen den Rohrabschnitten 42, 43 und dem Mittelabschnitt 45 betragen 80 mm und 90 mm. Der Öffnungswinkel α des Mittelabschnitts 45 beträgt 30° . Zwischen den beiden Radien R1, R2 ist ein kegelstumpfförmiger Bereich 46 mit

einer Länge L4 von zirka 33 mm vorgesehen. Endseitig ist an dem Rohrabschnitt 42 zur Strömungsachse ds konzentrisch die Öffnung 47 vorgesehen, durch die die Lanzen 6, 7 (Figur 1) geführt sind. Die Lanzen 6, 7 begrenzen an dem endseitigen Flansch 48 des Rohrabschnitts 43 einen hier nur angedeuteten Ringspalt 49, durch den das Luft/Brennstoffgemisch an die Mündungsöffnung 2 (Figur 1) geführt wird. Durch die Art und Ausbildung des Reduzierstücks 41 erfolgt die Leitung des Luft/Brennstoffgemisches an die Mündungsöffnung 2 mit Drall und kann durch die Steuereinrichtung 23 pulsierend erfolgen, indem an dieser Brennstoff zeitlich variierend abgeschieden und wieder mitgenommen wird. Es versteht sich, dass die Ausbildung des Reduzierstücks 41 gegenüber dem dargestellten Ausführungsbeispiel auch andere Maße aufweisen kann.

[0028] Die Steuereinrichtung 23 besteht in dem gezeigten Ausführungsbeispiel aus der Streuscheibe 21 mit der zentralen Öffnung 51, die zwischen den Flanschen 22 radial verlagerbar gegenüber der Strömungsachse ds geführt ist. Zur Einstellung der exzentrischen Verlagerung der Streuscheibe 21 gegenüber dem Ringspalt 49 ist hier beispielsweise die Stellschraube 50 vorgesehen. In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel verschließt die Streuscheibe 21 den oberen Teil des Ringspalts 49, während der untere Teil des Ringspalts 49 geöffnet bleibt. Durch den Drall stellt sich ein pulsierendes Gleichgewicht zwischen Ablagerung und Entfernung an der in den Ringspalt 49 einragenden Fläche F1 der Streuscheibe 21 ein. Die Fläche F1 kann beispielsweise zur Einstellung des Gleichgewichtes, zur Einstellung der Pulsationsfrequenz und dergleichen durch exzentrische Verlagerung der Streuscheibe 21 eingestellt werden.

[0029] Die Figuren 5 und 6 zeigen eine Ansicht der Steuereinrichtung 23 der Figuren 1 und 4b bei nicht in den Ringspalt 49 eingreifender Streuscheibe 21 (Figur 5) und bei eingestellter Fläche F1 in dem Ringspalt 49 (Figur 6). Die Streuscheibe 21 ist in den Flanschen 22, beispielsweise einem Rahmen aus Metall oder dergleichen radial verlagerbar geführt. Die freie Öffnung 51 entspricht im Wesentlichen dem Außendurchmesser des Ringspalts 49, der radial innen von dem nur schematisch dargestellten Außendurchmesser der Lanze 7 begrenzt wird. Die radial innerhalb der Lanze 7 dargestellte Lanze 6 entsprechend Figur 1 ist nicht dargestellt. In der Figur 5 ist die Streublende 21 zurückgezogen, so dass der gesamte Ringspalt 49 frei ist. Eine derartige Einstellung kann beispielsweise im Vollastbetrieb des Feststoffbrenners 1 (Figur 1) eingestellt werden. Zumindest im Teillastbetrieb ist die Streublende 21 entsprechend Figur 6 exzentrisch in den Ringspalt 49 verlagert, so dass eine pulsierende Zufuhr des Brennstoffs an die Mündungsöffnung 2 (Figur 1) eintritt. Die Verlagerung der Streuscheibe 21 kann mittels der Schraube 50 der Figur 4b manuell oder hierzu abweichend mittels eines Stellantriebs automatisiert erfolgen. Beispielsweise kann die Fläche F1 abhängig von dem Strom des Luft/Brennstoffgemischs, von der Partikelgröße des Brennstoffs, von dessen Gehalt im

Strom, von dem Gehalt des Abgases an NOx und/oder CO, von dem Lastbetrieb und/oder dergleichen durch einen derartigen Stellantrieb eingestellt werden.

5 Bezugszeichenliste

[0030]

1	Feststoffbrenner
10 2	Mündungsöffnung
3	Brennraum
4	Ausmauerung
5	Lanze
6	Lanze
15 7	Lanze
8	Abstandshalter
9	Abstandshalter
10	Brennstoff
11	Primärluft
20 12	Pfeil
13	Pfeil
14	Pfeil
15	Pfeil
16	Pfeil
25 17	Drallerzeuger
18	Ringspalt
19	Pfeil
20	Pfeil
21	Stauscheibe
30 22	Flansch
23	Steuereinrichtung
23a	Steuereinrichtung
24	Dosiereinrichtung
25	Brennstoffdosis
35 26	Steigrohr
27	Schnecke
28	Windung
30	Diagramm
31	Balken
40 32	Balken
33	Balken
34	Balken
35	Balken
36	Balken
45 37	Balken
38	Balken
39	Balken
40	Balken
41	Reduzierstück
50 42	Rohrabschnitt
43	Rohrabschnitt
44	Öffnung
45	Mittelabschnitt
46	Bereich
55 47	Öffnung
48	Flansch
49	Ringspalt
50	Stellschraube

51	Öffnung
A-A	Schnittlinie
A1	Abstand
a	Abstand
b	Abstand
D1	Durchmesser
D2	Durchmesser
D3	Durchmesser
d	Drehachse
ds	Strömungsachse
F	Frequenz
F1	Fläche
L1	Länge
L2	Länge
L3	Länge
L4	Länge
R1	Radius
R2	Radius
α	Öffnungswinkel

Patentansprüche

1. Feststoffbrenner (1) für einen Brennraum (3) mit einer Abgasöffnung zur Verbrennung von pulverisierten, festen Brennstoffen (10) mit einer Primärluftzufuhreinrichtung und einer Brennstoffzufuhreinrichtung zur Herstellung eines Luft/Brennstoffgemisches aus Primärluft (11) und Brennstoff (10) sowie zumindest einer einen Strom des Luft/Brennstoffgemisches an eine Mündungsöffnung (2) transportierenden Lanze (5), wobei stromaufwärts vor der Mündungsöffnung (2) eine Steuereinrichtung (23) vorgesehen ist, welche mittels eines über die Zeit pulsierenden Betriebs des in dem Luft/Brennstoffgemisch enthaltenen Gehalts an Brennstoff (10) NO_x -Emissionen an der Abgasöffnung vermindert, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (23, 23a) einen im Luft/Brennstoffgemisch konstant herangeführten Gehalt an Brennstoff (10) pulsierend an- und abreichert und die Steuereinrichtung (23) aus einer an der Lanze (5) vorgesehenen, pulsierend Brennstoff (10) aus dem Luft/Brennstoffgemisch aufnehmenden und abgebenden Stauscheibe (21) gebildet ist.
2. Feststoffbrenner nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung an der Primärluftzufuhreinrichtung die Primärluftzufuhr pulsierend einstellt.
3. Feststoffbrenner (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Frequenz (F) einer pulsierenden Einstellung des Gehalts an Brennstoff (10) größer gleich 0,5 Hz und kleiner gleich 1 Hz beträgt.
4. Feststoffbrenner (1) nach einem der Ansprüche 1

bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stauscheibe (21) gegenüber der Lanze verlagerbar ist, und mittels der gegenüber der Lanze (5) verlagerbaren Stauscheibe (21) ein Querschnitt der Lanze (5) einstellbar ausgebildet ist.

5. Feststoffbrenner (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stauscheibe (21) in einem Rahmen radial verlagerbar gegenüber der Lanze (5) aufgenommen ist.
6. Feststoffbrenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erzeugung eines Dralls stromaufwärts vor der Steuereinrichtung ein Reduzierstück (41) mit einem Rohrabschnitt (42) großen Durchmessers (D1) und einem Rohrabschnitt (43) kleineren Durchmessers (D2) und einem zwischen diesen einen Durchmesserunterschied ausgleichenden Mittelabschnitt (45) vorgesehen ist, wobei an dem Rohrabschnitt (42) mit großem Durchmesser (D1) eine Öffnung (44) zur Zufuhr des Luft/Brennstoffgemisches vorgesehen ist.
7. Feststoffbrenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** koaxial zu der zumindest einen Lanze (5) zumindest eine weitere Lanze (6, 7) zur Zufuhr eines Gasstroms vorgesehen ist und zumindest eine der Lanzen (5) pulsierend Brennstoff (10) in die Mündungsöffnung (2) einbringt.
8. Feststoffbrenner (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Brennstoff (10) Kohle ist und bei verschiedenen Brennstoffen ein Brennstoff organischer Feststoff ist.
9. Verfahren zum Betrieb eines Feststoffbrenners (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem Brennstoff (10) pulsierend mit einer Frequenz zwischen 0,5 Hz und 1 Hz in den Brennraum (3) dosiert wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Feststoffbrenner (1) ausschließlich während eines Teillastbetriebes pulsierend betrieben wird.

Claims

1. Solid fuel burner (1) for a combustion chamber (3) with an exhaust opening for the combustion of powdered, solid fuels (10) with a primary air supply device and a fuel supply device for producing an air/fuel mixture of primary air (11) and fuel (10), and at least one lance (5) transporting the flow of air/fuel mixture to an opening (2), wherein a control device (23) is provided upstream of the opening (2), which control device by means of pulsating operation over time of

the fuel (10) contained in the air/fuel mixture reduces NO_x emissions at the exhaust opening, **characterised in that** the control device (23, 23a) enriches and reduces in a pulsating manner the content of fuel (10) which is constantly introduced into the air/fuel mixture and the control device (23) is formed by a baffle plate (21) provided on the lance (5) which takes up and releases fuel (10) from the air/fuel mixture in a pulsating manner.

2. Solid fuel burner according to claim 1, **characterised in that** the control device adjusts the primary air supply to the primary air supply device in a pulsating manner.
3. Solid fuel burner (1) according to claim 1 or 2, **characterised in that** a frequency (F) of a pulsating adjustment of the content of fuel (10) is greater than or equal to 0.5 Hz and less than or equal to 1 Hz.
4. Solid fuel burner (1) according to any of claims 1 to 3, **characterised in that** the baffle plate (21) can be displaced relative to the lance and a cross-section of the lance (5) is designed to be adjustable by means of the baffle plate (21) which is displaceable relative to the lance (5).
5. Solid fuel burner (1) according to claim 4, **characterised in that** the baffle plate (21) is mounted in a frame to be radially displaceable relative to the lance (5).
6. Solid fuel burner (1) according to any of claims 1 to 5, **characterised in that** to produce a swirl upstream of the control device a reducing piece (41) is provided having a pipe section (42) with a large diameter (D1) and a pipe section with a smaller diameter (D2) and a middle section (45) equalising the difference in diameter between the latter, wherein on the pipe section (42) with a large diameter (D1) an opening (44) is provided for supplying the air/fuel mixture.
7. Solid fuel burner (1) according to any of claims 1 to 6, **characterised in that** coaxially to the at least one lance (5) at least one additional lance (6, 7) is provided for supplying a gas flow and at least one of the lances (5) introduces fuel (10) into the opening (2) in a pulsating manner.
8. Solid fuel burner (1) according to claim 7, **characterised in that** at least one fuel (10) consists of coal and in the case of various different fuels one fuel is an organic solid material.
9. Method for operating a solid fuel burner (1) according to any of claims 1 to 8, in which fuel (10) is dosed by pulsation at a frequency of between 0.5 Hz und 1 Hz into the combustion chamber (3).

10. Method according to claim 9, **characterised in that** the solid fuel burner (1) is operated exclusively by pulsation during partial-load operation.

Revendications

1. Brûleur pour combustible solide (1) pour une chambre de combustion (3) comportant un orifice d'échappement pour la combustion de combustibles (10) solides pulvérisés, un dispositif d'amenée d'air primaire et un dispositif d'amenée de combustible pour la production d'un mélange air/combustible sur la base d'air primaire (11) et de combustible (10) ainsi qu'au moins une lance (5) transportant un flux du mélange air/combustible vers un orifice d'embouchure (2), un dispositif de commande (23) étant prévu en amont de l'orifice d'embouchure (2), lequel réduit des émissions de NO_x au niveau de l'orifice d'échappement au moyen d'un fonctionnement pulsé au cours du temps de la teneur en combustible (10) contenue dans le mélange air/combustible, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande (23, 23a) enrichit et appauvrit par pulsations une teneur en combustible (10) amenée de manière constante dans le mélange air/combustible, et **en ce que** le dispositif de commande (23) est formé par une plaque de retenue (21) prévue sur la lance (5), recevant et déchargeant par pulsations du combustible (10) venant du mélange air/combustible.
2. Brûleur pour combustible solide (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande règle de manière pulsée l'amenée d'air primaire au niveau du dispositif d'amenée d'air primaire.
3. Brûleur pour combustible solide (1) selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'**une fréquence (F) d'un réglage par pulsations de la teneur en combustible (10) est supérieure ou égale à 0,5 Hz et inférieure ou égale à 1 Hz.
4. Brûleur pour combustible solide (1) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la plaque de retenue (21) peut être déplacée par rapport à la lance (5) et **en ce qu'**au moyen de la plaque de retenue (21) déplaçable par rapport à la lance (5), une section transversale de la lance (5) peut être réalisée réglable.
5. Brûleur pour combustible solide (1) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la plaque de retenue (21) est logée dans un cadre de manière radialement déplaçable par rapport à la lance (5).
6. Brûleur pour combustible solide (1) selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** pour

engendrer un tourbillon en amont du dispositif de commande, il est prévu une pièce de réduction (41) avec un tronçon tubulaire (42) de grand diamètre (D1) et un tronçon tubulaire (43) de plus petit diamètre (D2) et, entre ceux-ci, un tronçon central (45) qui compense la différence de diamètre, une ouverture (44) étant prévue sur le tronçon tubulaire (42) de grand diamètre (D1) pour l'amenée du mélange air/combustible.

5

10

7. Brûleur pour combustible solide (1) selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** coaxialement à ladite au moins une lance (5), il est prévu au moins une autre lance (6, 7) pour amener un flux de gaz et **en ce qu'**au moins une des lances (5) apporte par pulsations du combustible (10) dans l'orifice d'embouchure (2).

15

8. Brûleur pour combustible solide (1) selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'**au moins un combustible (10) est du charbon et, dans le cas de différents combustibles, un combustible est un solide organique.

20

9. Procédé pour le fonctionnement d'un brûleur pour combustible solide (1) selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel du combustible (10) est dosé par pulsations dans la chambre de combustion avec une fréquence de 0,5 Hz à 1 Hz.

25

30

10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le brûleur pour combustible solide (1) fonctionne par pulsations exclusivement pendant un mode de fonctionnement en charge partielle.

35

40

45

50

55

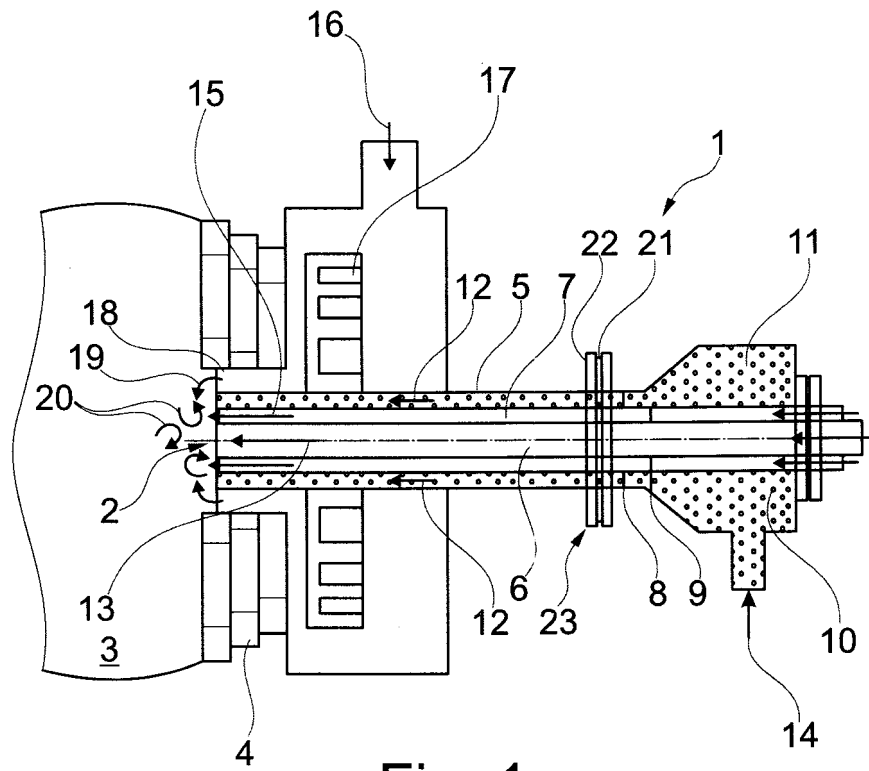


Fig. 1

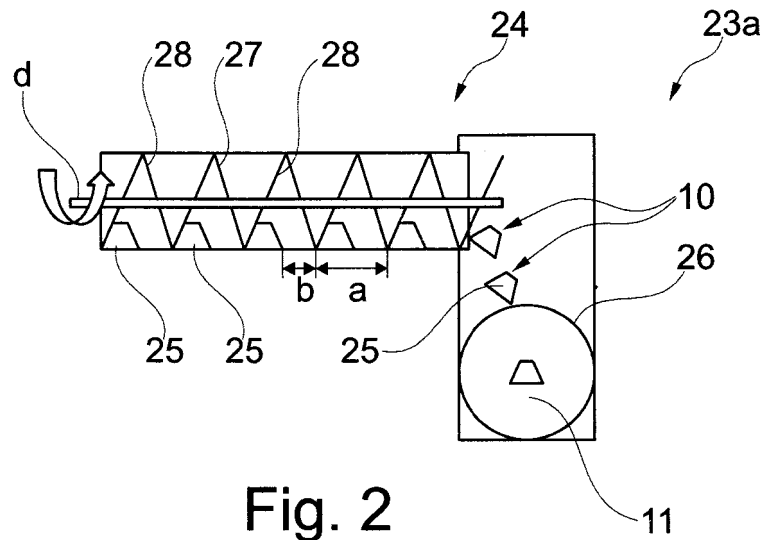


Fig. 2

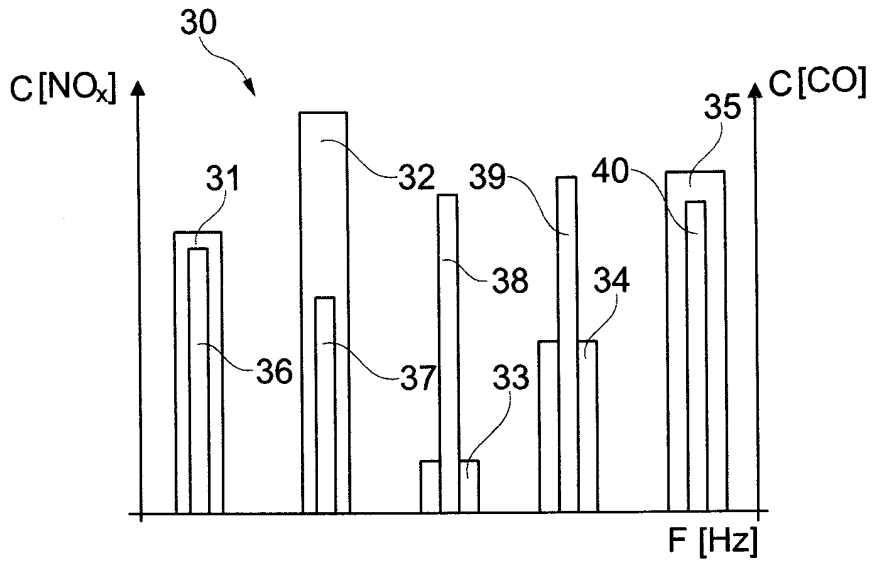


Fig. 3

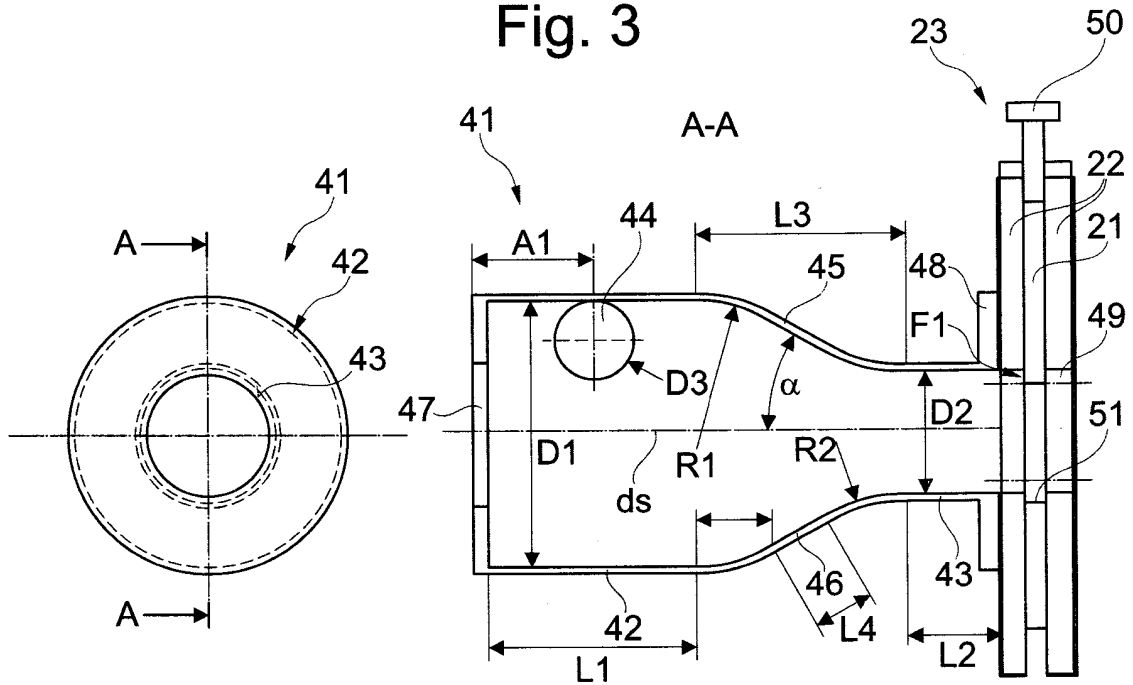


Fig. 4a

Fig. 4b

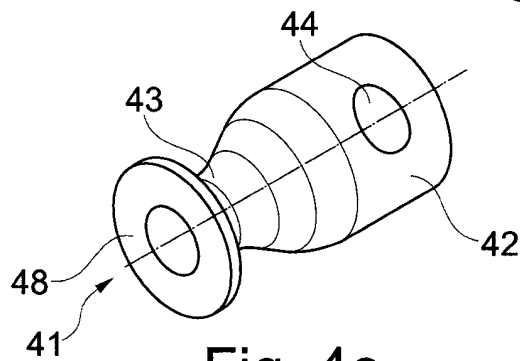


Fig. 4c

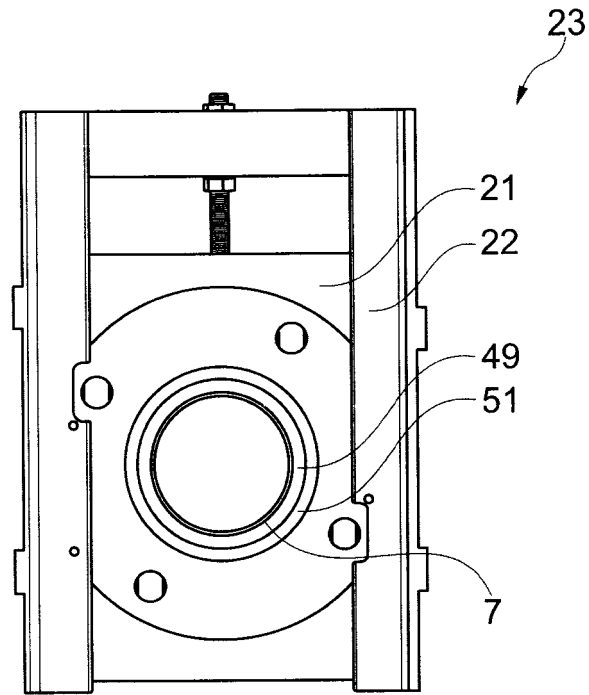


Fig. 5

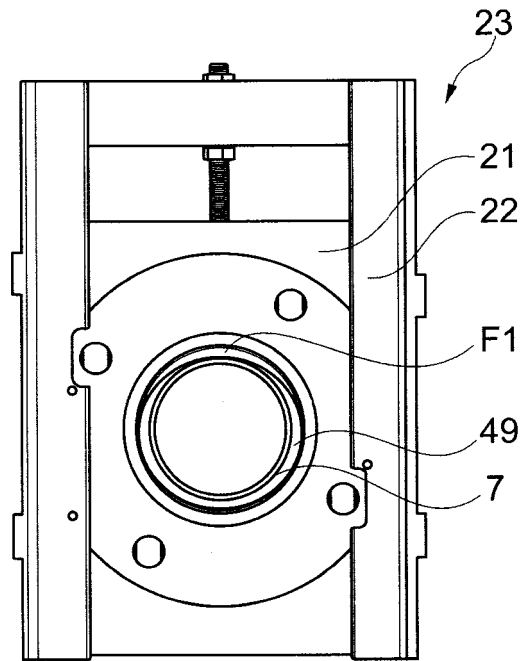


Fig. 6

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

- EP 005438 A1 [0002]
- AT 243167 [0003]
- FR 795933 [0004]
- EP 1312859 A1 [0005]
- EP 0741265 A2 [0006]
- US 4846665 A [0006]
- US 2945459 A [0006]
- US 1515094 A [0006]