



(11)

EP 3 058 279 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.03.2018 Patentblatt 2018/10

(51) Int Cl.:
F23Q 7/06 (2006.01) F23D 1/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14777675.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2014/071206

(22) Anmeldetag: **02.10.2014**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/055443 (23.04.2015 Gazette 2015/16)

(54) VERFAHREN ZUR ZÜNDUNG EINES KRAFTWERKSBBRENNERS UND DAFÜR GEEIGNETER KOHLENSTAUBBRENNER

METHOD FOR THE IGNITION OF A POWER PLANT BURNER, AND COAL DUST BURNER SUITABLE FOR THE METHOD

PROCÉDÉ PERMETTANT D'ALLUMER UN BRÛLEUR DE CENTRALE ÉLECTRIQUE ET BRÛLEUR À CHARBON PULVÉRISÉ ADAPTÉ À CELUI-CI

(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

(30) Priorität: **18.10.2013 DE 102013111504**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.08.2016 Patentblatt 2016/34

(73) Patentinhaber: **Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe GmbH**
47059 Duisburg (DE)

(72) Erfinder:
• **LEISSE, Alfons**
45131 Essen (DE)
• **REHFELDT, Sebastian**
40219 Düsseldorf (DE)

(74) Vertreter: **Viering, Jentschura & Partner mbB**
Patent- und Rechtsanwälte
Kennedydamm 55 / Roßstrasse
40476 Düsseldorf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DD-A1- 240 245 DE-A1- 3 424 272
DE-U1-202007 019 416 JP-A- 2012 112 549
US-A- 4 991 520

EP 3 058 279 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 richtet sich auf einen Brenner, insbesondere Kohlenstaubbrenner, umfassend ein Brennstoffrohr, eine Brennstoffdüse, mindestens eine Zünd- und/oder Wärmequelle und ein ein sauerstoffhaltiges Gas und/oder rezirkuliertes Rauchgas führendes Rohr, wobei die mindestens eine Zünd- und/oder Wärmequelle brennerinnenseitig angeordnet und als eine elektrische Heiz- und/oder Zündeinrichtung ausgebildet ist oder eine solche umfasst, die die innerhalb des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge brennerinnenseitig, insbesondere im Bereich des sich bildenden Brennstoff-Zündortes, ausschließlich durch Umwandlung elektrischen Stroms in Wärmeenergie erzeugt und/oder bereitstellt.

[0002] Weiterhin richtet sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Zündung eines partikelförmigen, insbesondere staubförmigen, Brennstoffs mittels eines Brenners, insbesondere Kohlenstaubbrenners, wobei der Brennstoff in dem Brenner zu seinem innerhalb des Brenners im Bereich der Brennstoffdüse sich bildenden Zündort gefördert und die beim Anfahren des Brenners für die Entstehung und den Ablauf einer initialen Pyrolyse und Zündung des zur Brennermündung geförderten Brennstoffs benötigte Wärmeenergiemenge ausschließlich mittels mindestens einer in dem Brenner angeordneten Zünd- und/oder Wärmequelle in den Brenner und/oder den darin geförderten Brennstoff eingetragen wird, welche Wärmequelle in Form einer Heiz- und/oder Zündeinrichtung im Brenner ausgebildet ist oder mit einer solchen im Brenner angeordneten Heiz- und/oder Zündeinrichtung in wärmeleitender und/oder wärmeübertragender Wirkverbindung steht, wobei die benötigte Wärmeenergiemenge ausschließlich durch Umwandlung elektrischen Stroms in Wärmeenergie brennerinnenseitig erzeugt und/oder bereitgestellt wird.

[0003] Im Zusammenhang mit der Einspeisung von elektrischer Energie aus diskontinuierlichen, regenerativen Energiequellen (z.B. Photovoltaik- oder Windkraftanlagen) in das allgemeine Stromnetz müssen kohlenstaubgefeuerte Kraftwerke häufiger beliebig niedrige Teillasten anfahren oder außer Betrieb genommen werden, was in der Regel zur Abschaltung einzelner oder aller Brennerebenen des Feuerraums des Dampferzeugers des Kraftwerks führt. Die Zündung von Kohlenstaub beim Starten der Brenner erfolgt üblicherweise mit Hilfe gasförmiger oder flüssiger Zusatzbrennstoffe, z.B. Erdgas oder leichtes Heizöl, die in einer an oder in dem jeweiligen Kohlenstaubbrenner angeordneten Zündlanze gezündet werden. Erst nach Ausbildung einer kontinuierlich brennenden, mittels der Verbrennung eines solchen gasförmigen oder flüssigen Zusatzbrennstoffs erzeugten Flamme kann der Kohlenstaub üblicherweise zu den Brennern gefördert und dort im Mündungsbereich gezündet werden. Durch häufigeres An- und Abfahren im Zusammenhang mit der Netzeinspeisung von elektri-

scher Energie aus regenerativen Energiequellen steigt der Verbrauch dieser Hilfsbrennstoffe stark an, was zu einer erheblichen Erhöhung der Betriebskosten damit ausgestatteter thermischer, kohlenstaubbefuerter Kraftwerke führt. Bei den An- und Abfahrvorgängen sowie im Betrieb bei sehr niedrigen Teillasten müssen daher häufig Brenner für gasförmige oder flüssige Brennstoffe zur Stützfeuerung eingesetzt werden. Es bietet sich an, eine solche Stützfeuerung ebenfalls mit einem festen, staubförmigen Brennstoff durchzuführen, der mit Hilfe von indirekten Feuerungssystemen, die eine vorherige Zwischenspeicherung des aufbereiteten Kohlenstaubs umfassen, und dafür geeigneten Brennern in der Brennkammer oder dem Feuerungsraum eines Dampferzeugers verbrannt werden kann.

[0004] In thermischen Kraftwerken finden Brenner Verwendung, mittels welcher feste, häufig staubförmige, Brennstoffe, wie Braunkohle, Steinkohle, Biomasse verbrannt werden. Hierzu ist es erforderlich, dass in dem jeweiligen Brenner oder der jeweiligen Brenneinrichtung die Zündung des jeweiligen insbesondere staubförmigen Brennstoffes erfolgt. Die Zündung von Brennstoffen ist grundsätzlich bestimmt durch die Vorgänge der Pyrolyse des partikelförmigen, staubförmigen Brennstoffs und der Oxidation der Verbrennung der dabei entstehenden Pyrolyseprodukte. Zur Einleitung der erforderlichen Prozesse müssen die dafür notwendigen, bekannten Randbedingungen erfüllt sein. Für die Zündung von Kohlenstaub sind zum Beispiel eine geeignete Brennstoffkonzentration, ein ausreichend hoher Wärmetransfer, eine ausreichende Verweilzeit der Staubpartikel im Bereich der Pyrolyse- und Zündzone und das Vorhandensein primären Sauerstoffs oder eines Oxidationsmittels unabdingbare Voraussetzungen. Unter Berücksichtigung dieser Bedingungen kann die für die Zündung erforderliche Pyrolyse und Oxidation der Pyrolyseprodukte in der Regel sichergestellt werden.

[0005] In der Praxis ist es üblich, dass eine innerhalb des Brenners angeordnete Zündlanze, die mit gasförmigem Brennstoff betrieben wird, eine Zündflamme ausbildet, an welcher in dem Brenner geförderter Brennstoff gezündet wird.

[0006] Aus der DE 33 27 983 A1 ist eine rein elektrisch betriebene Zündeinrichtung bekannt, die ein Zündorgan aufweist, welches aus einem Primärluftrohr des Brenners austretenden Brennstoff zündet.

[0007] Die DD 240 245 A1 offenbart einen gattungsgemäßen Brenner, der im Mündungsbereich eine elektrische Zündeinrichtung aufweist, mittels welcher ein Kohlenstaub-Luftgemisch gezündet wird. An der glühenden elektrischen Zündeinrichtung zündet der vorbeigeführte Kohlenstaub und bildet sich ein Zündwirbel aus, der gewährleistet, dass eine in diesem Bereich angeordnete Rückwand ebenfalls zum Erglühen gebracht wird.

[0008] Einen Brenner, bei welchem Kohlenstaub mittels eines in den Brennstoffrohrquerschnitt reichenden Heizstabes gezündet wird, ist zudem in der DD 270 576 A1 offenbart. Schließlich beschreibt DE 20 2007 019 416

U1 einen Kohlenstaubbrenner mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Lösung zu schaffen, die unter Verzicht auf die Verwendung gasförmigen, flüssigen oder festen Zusatzbrennstoffs ein in Bezug auf den Brennstoffverbrauch kostengünstiges, häufiges An- und Abfahren der Brenner eines Dampferzeugers eines thermischen Großkraftwerks ermöglicht und einen dafür geeigneten Brenner bereitstellt. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Brenner mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst.

[0009] Erfindungsgemäße Weiterbildungen und zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche.

[0010] Zur Lösung ist also zunächst ein Brenner, insbesondere Kohlenstaubbrenner, vorgesehen, der ein Brennstoffrohr, eine Brennstoffdüse, mindestens eine Zünd- und/oder Wärmequelle und ein ein sauerstoffhaltiges Gas und/oder rezirkuliertes Rauchgas führendes Rohr umfasst, wobei die mindestens eine Zünd- und/oder Wärmequelle brennerinnenseitig angeordnet und als eine elektrische Heiz- und/oder Zündeinrichtung ausgebildet ist oder eine solche umfasst, die die innerhalb des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge brennerinnenseitig, insbesondere im Bereich des sich bildenden Brennstoff-Zündortes, ausschließlich durch Umwandlung elektrischen Stroms in Wärmeenergie erzeugt und/oder bereitstellt, wobei ein Stabilisierungsring mit Zahnkranz Bestandteil der im Mündungsbereich der Brennstoffdüse angeordneten elektrischen Heiz- und/oder Zündeinrichtung ist.

[0011] Ebenso ist zur Lösung ein Verfahren zur Zündung eines partikelförmigen, insbesondere staubförmigen, Brennstoffs mittels eines solchen Brenners, insbesondere Kohlenstaubbrenners vorgesehen, wobei der Brennstoff in dem Brenner zu seinem innerhalb des Brenners im Bereich der Brennstoffdüse sich bildenden Zündort gefördert und die beim Anfahren des Brenners für die Entstehung und den Ablauf einer initialen Pyrolyse und Zündung des zur Brennermündung geförderten Brennstoffs benötigte Wärmeenergiemenge ausschließlich mittels mindestens einer in dem Brenner angeordneten Zünd- und/oder Wärmequelle in den Brenner und/oder den darin geförderten Brennstoff eingetragen wird, welche Wärmequelle in Form einer Heiz- und/oder Zündeinrichtung im Brenner ausgebildet ist oder mit einer solchen im Brenner angeordneten Heiz- und/oder Zündeinrichtung in wärmeleitender und/oder wärmeübertragender Wirkverbindung steht, wobei die benötigte Wärmeenergiemenge ausschließlich durch Umwandlung elektrischen Stroms in Wärmeenergie brennerinnenseitig erzeugt und/oder bereitgestellt wird, wobei die benötigte Wärmeenergiemenge mittels einer im Mündungsbereich der Brennstoffdüse angeordneten Heiz- und/oder Zündeinrichtung in den Brenner und/oder in den geförderten Brennstoff eingetragen wird, deren Bestandteil ein Sta-

bilisierungsring mit Zahnkranz ist.

[0012] Die Erfindung geht also in ihrem ersten Aspekt davon aus, dass in einem Kraftwerk Brenner, insbesondere Kohlenstaubbrenner, die einem häufigen Anfahrprozess unterworfen sind, dadurch kostengünstiger betrieben werden können, dass die bei dem jeweiligen Anfahren zur Durchführung der Pyrolyse und Zündung des partikelförmigen, insbesondere staubförmigen, Brennstoffes erforderliche Wärmeenergie insgesamt und ausschließlich mittels einer elektrisch, d.h. durch Umwandlung elektrischen Stromes, die für die initiale Pyrolyse und Zündung des insbesondere staubförmigen Brennstoffes notwendige Wärmeenergiemenge erzeugenden Heiz- und/oder Zündeinrichtung erzeugt und innerhalb des Brenners in den im Brenner geförderten Brennstoff eingetragen wird. Dadurch, dass keine mit gasförmigem oder flüssigem (Zusatz-) Brennstoff betriebene Zündlanze mehr notwendig ist, entfallen die konstruktiven und kostenmäßigen Maßnahmen zur Anordnung einer solchen Brennerlanze in einem jeweiligen Brenner und die für die Bereitstellung des (Zusatz-) Brennstoffes notwendigen Versorgungseinrichtungen sowie Absperr- und Regelarmaturen. Außerdem entfällt der für den Betrieb der jeweiligen Zündlanze notwendige Verbrauch an zusätzlichem flüssigen, gasförmigen oder festen Brennstoff. Die beim Anfahren eines solchen Brenners, insbesondere Kohlenstaubbrenners, zur Durchführung und Sicherstellung der notwendigen initialen Pyrolyse und Zündung des Brennstoffes notwendige Energiemenge wird allein elektrisch, d.h. durch Umwandlung elektrischen Stromes in Wärmeenergie, erzeugt. Elektrischer Strom steht in großen Kraftwerken regelmäßig auf verschiedenen Spannungsebenen zur Verfügung. Die jeweils erstmalige initiale Zündung des in dem Brenner, insbesondere Kohlenstaubbrenner, geförderten insbesondere staubförmigen Kohlenstoffs und die dafür notwendige Auslösung und Aufrechterhaltung einer initialen Pyrolyse des in dem Brenner geförderten Brennstoffes wird also ausschließlich mittels einer oder mehrerer ausschließlich elektrisch betriebener Heiz- und/oder Zündeinrichtungen erreicht und wird zudem ausschließlich innerhalb des Brenners in den Brenner und/oder den Brennstoff eingetragen. Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung ist also vorgesehen, dass eine rein elektrisch betriebene Zünd- und/oder Wärmequelle oder Heiz- und/oder Zündeinrichtung brennerinnenseitig innerhalb des Brenners angeordnet und ausgebildet ist. Ein zusätzlicher Aspekt besteht darin, dass diese rein elektrisch betriebene Zünd- und/oder Wärmequelle oder Heiz- und/oder Zündeinrichtung die für die initiale Pyrolyse und die Zündung des Brennstoffes benötigte Wärmeenergie(-menge) in Bauteile oder Konstruktionselemente des Brenners und damit in den Brenner einleitet und einträgt. Von diesen Bauteilen oder Konstruktionselementen kann die eingetragene Wärmeenergie(-menge) dann an den daran vorbeiströmenden Brennstoff abgegeben und in diesen eingetragen werden, so dass diesem darüber die für die initiale Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeener-

gie(-menge) zugeführt wird. Nach einem weiteren Aspekt ist es aber auch möglich, dass die rein elektrisch betriebene Zünd- und/oder Wärmequelle oder Heiz- und/oder Zündeinrichtung die erzeugte Wärmeenergie(-menge) unmittelbar an den daran vorbeiströmenden Brennstoff abgibt und in diesen einträgt. Schließlich ist es nach einem weiteren Aspekt der Erfindung auch möglich, dass brennerinnenseitig innerhalb eines Brenners mehrere elektrisch betriebenen Zünd- und/oder Wärmequellen oder Heiz- und/oder Zündeinrichtungen angeordnet und ausgebildet sind, wobei dann insbesondere mindestens eine der Zünd- und/oder Wärmequellen oder Heiz- und/oder Zündeinrichtungen elektrisch erzeugte Wärmeenergie in den Brenner, d.h. Bauteile oder Konstruktionselemente des Brenners, einleitet oder einträgt und eine andere der Zünd- und/oder Wärmequellen oder der Heiz- und/oder Zündeinrichtungen innerhalb des Brenners Wärmeenergie in den darin strömenden Brennstoff einleitet und einträgt. Es können aber auch alle Wärmequellen oder Zündeinrichtungen Wärmeenergie ausschließlich in Bauteile und Konstruktionselemente des Brenners einleiten.

[0013] In Bezug auf das Verfahren besteht ein weiterer Aspekt darin, dass die, insbesondere beim Anfahren des Brenners, innerhalb des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge ohne Verwendung eines weiteren zusätzlichen flüssigen, gasförmigen oder festen Brennstoffs, außer des initial zu pyrolysierenden und zu zündenden Brennstoffs, erzeugt wird. Bei dem initial zu pyrolysierenden Brennstoff handelt es sich um den staubförmigen oder partikelförmigen Brennstoff, insbesondere Kohlenstaub, der auch im weiteren Betrieb des Brenners als Einsatzbrennstoff für die Verbrennung zur Erzeugung der Brennerflamme vorgesehen ist.

[0014] Die im Brenner für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge wird mittels der Heiz- und/oder Zündeinrichtung ausschließlich durch Umwandlung elektrischen Stroms in Wärmeenergie und/oder einen Lichtbogen und/oder ein Plasma erzeugt und in den Brennstoff eingetragen. Durch Sicherstellung der für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse bzw. die Auslösung und Durchführung des initialen Pyrolyseprozesses notwendigen Verweilzeit des im Brenner geförderten Brennstoffes im Bereich der die für die Durchführung der Pyrolyse notwendige Temperatur aufweisenden und mit dem Brennstoff in wärmeübertragender Wirkverbindung stehenden brennerinnenseitigen (Wirk-)Oberfläche und/oder Kontaktoberfläche und/oder Innenoberfläche des Brennstoffrohres und/oder der Heiz- und/oder Zündeinrichtung wird erreicht, dass der notwendige Wärmeeintrag in den Brennstoff erfolgen kann und der Ablauf der Pyrolyse und die Zündung des insbesondere staubförmigen Brennstoffes mittels der elektrisch betriebenen Heiz- und/oder Zündeinrichtung durchgeführt werden können und gewährleistet sind. Ein weiterer Aspekt der Erfindung besteht daher auch darin, dass die innerhalb

des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge an einer mit einer für den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung ausreichenden Verweilzeit mit dem strömenden Brennstoff in Kontakt oder in Wirkverbindung stehenden brennerinnenseitigen Oberfläche, insbesondere des Brenners, in den Brennstoff eingetragen wird.

[0015] Hierbei ist es ein weiterer Aspekt der Erfindung zweckmäßig, dass die innerhalb des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge an einer Kontaktoberfläche der Heiz- und/oder Zündeinrichtung brennerinnenseitig in den Brennstoff eingetragen wird, die mit einer für den Eintrag der benötigten Wärmeenergiemenge in den Brennstoff zur Erzeugung der initialen Pyrolyse und Zündung ausreichenden Verweilzeit brennerinnenseitig mit dem Brennstoff in Kontakt oder in Wirkverbindung steht. Hierdurch wird erreicht, dass eine ausreichend große Kontaktoberfläche, welche einen Wärmeeintrag in den daran vorbeigeförderten Brennstoff erfolgt, sichergestellt ist.

[0016] Erfindungsgemäß ist also vorgesehen, dass die Wärmeenergie mittels einer als Bestandteil der Brennstoffdüse und zumindest teilweise als Stabilisierungsring mit Zahnkranz ausgebildeten und im Mündungsbereich der Brennstoffdüse angeordneten elektrischen Heiz- und/oder Zündeinrichtung erzeugt wird. Hierbei ist also die üblicherweise bei Brennern vorhandene Brenner- oder Brennstoffdüse und insbesondere der gegebenenfalls dort vorgesehene und angeordnete Stabilisierungsring mit Zahnkranz als elektrisch Wärmeenergie erzeugende und an oder in den Brenner und/oder an den Brennstoff abgebende Heiz- und/oder Zündeinrichtung ausgebildet. Der erfindungsgemäße Brenner ist daher dadurch gekennzeichnet, dass ein Stabilisierungsring mit Zahnkranz Bestandteil der im Mündungsbereich der Brennstoffdüse angeordneten elektrischen Heiz- und/oder Zündeinrichtung ist. Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, dass die benötigte Wärmeenergiemenge mittels einer im Mündungsbereich der Brennstoffdüse angeordneten Heiz- und/oder Zündeinrichtung in den Brenner und/oder in den geförderten Brennstoff eingetragen wird, deren Bestandteil ein Stabilisierungsring mit Zahnkranz ist.

[0017] Hierbei ist es gemäß Ausgestaltung der Erfindung von Vorteil, dass der gezahnte Stabilisierungsring mit Abstand vor der Mündungsöffnung des konzentrisch innerhalb des Brennstoffrohrs und im Zentrum des Brenners angeordneten Rohrs angeordnet ist.

[0018] Dabei ist es zur Sicherstellung des Ablaufes der notwendigen Pyrolyse weiterhin von Vorteil, dass die Brennstoffdüse derart ausgebildet ist, dass der zahnförmige Stabilisierungsring radial nach innen gerichtet ausgebildet ist und einen in einem Brennstoffförderquerschnitt geförderten Brennstoffstrom oder Brennstoffstaubstrom erfasst, verzögert und ablenkt, was die Erfindung in Weiterbildung vorsieht.

[0019] Hierbei ist es dann besonders zweckmäßig, wenn die Brennstoffdüse und/oder der Stabilisierungsring mit Zahnkranz mindestens einen von elektrischem Strom durchfließbaren Heizdraht und/oder mindestens einen induktiv beheizten Bereich aufweist/aufweisen, welche(r) jeweils die innerhalb des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge erzeugt/erzeugen und bereitstellt/bereitstellen. Auch dieses sieht die Erfindung in Ausgestaltung vor.

[0020] Der Brenner, insbesondere Kohlenstaubbrenner, zeichnet sich dadurch aus, dass die elektrische Heiz- und/oder Zündeinrichtung die, insbesondere beim Anfahren des Brenners, insbesondere Kohlenstaubbrenners, innerhalb des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge im Bereich des sich bildenden Brennstoff-Zündortes ohne Verwendung eines weiteren zusätzlichen flüssigen, gasförmigen oder festen Brennstoffs, außer des initial zu pyrolysierenden und zu zündenden Brennstoffs, erzeugt und/oder bereitstellt.

[0021] Hierbei ist es daher weiterhin zweckmäßig, dass der Brenner eine brennerinnenseitige Oberfläche und/oder die elektrische Heiz- und/oder Zündeinrichtung eine Kontaktoberfläche aufweist/aufweisen oder mit einer solchen in wärmeleitender und/oder wärmeübertragender Wirkverbindung steht/stehen, die beim Anfahrbetrieb des Brenners mit einer für den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung ausreichenden Verweilzeit mit dem im Brennstoffrohr geförderten Brennstoff in Kontakt oder in Wirkverbindung steht/stehen, was die Erfindung ebenfalls vorsieht.

[0022] Hierbei ist es dann in erfindungsgemäßer Ausgestaltung der Erfindung weiterhin von Vorteil, dass ein mit der den Stabilisierungsring mit Zahnkranz aufweisenden Brennstoffdüse in wärmeleitender und/oder wärmeübertragender Wirkverbindung stehender brennermündungsseitiger Innenoberflächenbereich des Brennstoffrohrs die brennerinnenseitige Oberfläche und/oder die Kontaktoberfläche ausbildet.

[0023] Zweckmäßig ist es dabei dann zudem, dass die brennerinnenseitige Oberfläche ganz oder teilweise Bestandteil der Kontaktoberfläche der Heiz- und/oder Zündeinrichtung ist, was die Erfindung ebenfalls vorsieht.

[0024] Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Heiz- und/oder Zündeinrichtung besteht zudem darin, dass die Brennstoffdüse im Mündungsbereich mehrere aus einem Heizdraht oder Widerstandsdraht gebildete Wicklungen aufweist, die die Heiz- und/oder Zündeinrichtung ausbilden, was die Erfindung ebenfalls vorsieht.

[0025] Hierbei können sich die Wicklungen des Heizdrahtes durch den Stabilisierungsring und dessen Zahnkranz erstrecken, was die Erfindung in Ausgestaltung auch vorsieht.

[0026] Um auch angrenzende brennerinnenseitige Oberflächenbereiche erwärmen und als Wärmequelle ausbilden zu können, zeichnet sich die Erfindung weiterhin dadurch aus, dass sich die Wicklungen des Heizdraht-

tes durch an den Stabilisierungsring mit Zahnkranz angrenzende brennerinnenseitige Oberflächenbereiche der Brennstoffdüse und des Brennstoffrohrs erstrecken.

[0027] Es ist aber nicht nur möglich, dass die elektrische Heiz- und/oder Zündeinrichtung Bestandteil der einen Stabilisierungsring mit Zahnkranz aufweisenden Brennstoffdüse ist, es ist auch möglich, dass die Brennstoffdüse und/oder der Stabilisierungsring mit Zahnkranz die elektrische Heiz- und/oder Zündeinrichtung ausbilden, was die Erfindung ebenfalls vorsieht.

[0028] Um die Zündung der bei der Pyrolyse entstehenden Pyrolyseprodukte sicherzustellen, zeichnet sich die Erfindung dadurch aus, dass die Brennstoffdüse und/oder der Stabilisierungsring mit Zahnkranz und/oder die brennerinnenseitigen Oberflächenbereiche auf eine Temperatur von mindestens 200 °C, insbesondere von ≥ 450 °C, vorzugsweise von zwischen 600 °C - 700 °C, erwärmbar ausgebildet ist/sind.

[0029] Es können aber auch zusätzlich zu der im Stabilisierungsring mit Zahnkranz ausgebildeten oder als Stabilisierungsring mit Zahnkranz ausgebildeten Heiz- und/oder Zündeinrichtung weitere elektrische Zünd- und/oder Wärmequellen im Brenner vorgesehen sein. Die Erfindung ist in Weiterbildung daher auch gekennzeichnet durch Zünd- und/oder Wärmequellen, die eine Kombination der elektrischen Strom in Wärmeenergie umwandelnden Heiz- und/oder Zündeinrichtung mit einer einen Lichtbogen erzeugenden oder einer Heißluft erzeugenden, weiteren Heiz- und/oder Zündeinrichtung ausbilden.

[0030] Insbesondere ist hierbei in Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass die weitere elektrische Heiz- und/oder Zündeinrichtung einen Plasmabrenner umfasst oder ausbildet, der insbesondere auf die brennerinnenseitige Oberfläche und/oder die Kontaktoberfläche und/oder den Stabilisierungsring mit Zahnkranz gerichtet ist und an diese und/oder den geförderten Brennstoff Wärmeenergie überträgt.

[0031] Es kann aber auch möglich sein, ein Heißluftförderrohr als elektrische Heiz- und/oder Zündeinrichtung zu verwenden, so dass die Erfindung auch vorsieht, dass die weitere elektrische Heiz- und/oder Zündeinrichtung ein mit einer elektrischen Heizvorrichtung ausgestattetes Heißluftförderrohr umfasst oder ausbildet, das mit seinem brennerinnenseitigen Mündungsbereich auf die brennerinnenseitige Oberfläche und/oder die Kontaktoberfläche und/oder den Stabilisierungsring mit Zahnkranz gerichtet ist und an diese und/oder den geförderten Brennstoff Wärmeenergie überträgt.

[0032] Es können somit mehrere Heiz- und/oder Zündeinrichtungen, insbesondere unterschiedlicher Art, an einem Brenner realisiert und angeordnet sein. Es ist eine Kombination zweier Heiz- und/oder Zündeinrichtungen, insbesondere die Kombination einer elektrischen Strom in Wärmeenergie umwandelnden und einer einen Lichtbogen erzeugenden oder einer Heißluft erzeugenden Heiz- und/oder Zündeinrichtung, möglich. Die Kombina-

tion kann also darin bestehen, dass brennerinnenseitig innerhalb eines Brenners mehrere Zünd- und/oder Wärmequellen oder Heiz- und/oder Zündeinrichtungen ausgebildet und angeordnet sind, die jeweils entweder Wärmeenergie in Bauteile oder Konstruktionselemente oder Brenneinrichtungen eintragen/einleiten oder an diese übertragen oder die Wärmeenergie unmittelbar in den geförderten Brennstoff eintragen. Außerdem ist es möglich, dass jeweils einer dieser beiden Typen von Zünd- und/oder Wärmequelle oder Heiz- und/oder Zündeinrichtung brennerinnenseitig innerhalb des Brenners angeordnet und ausgebildet ist.

[0033] Schließlich zeichnet sich der Brenner in weiterer erfindungsgemäßer Ausgestaltung auch noch dadurch aus, dass die elektrische Heiz- und/oder Zündeinrichtung und/oder die weitere elektrische Heiz- und/oder Zündeinrichtung die, insbesondere beim Anfahren des Brenners, innerhalb des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge im Bereich des sich bildenden Brennstoff-Zündortes ohne Verwendung eines weiteren zusätzlichen flüssigen, gasförmigen oder festen Brennstoffs, außer des initial zu pyrolysierenden und zu zündenden Brennstoffs, erzeugt/erzeugen und/oder bereitstellt/bereitstellen.

[0034] Von Vorteil ist es weiterhin, wenn der Stabilisierungsring mit Zahnkranz zumindest Teil einer Zünd- und/oder Wärmequelle ist, was die Erfindung in Ausgestaltung des Brenners schließlich auch vorsieht.

[0035] In vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass die beim Anfahren des Brenners innerhalb des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge ohne Verwendung eines weiteren zusätzlichen flüssigen, gasförmigen oder festen Brennstoffs, außer des initial zu pyrolysierenden und zu zündenden Brennstoffs, erzeugt wird.

[0036] Hierbei ist es in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorteilhaft, dass die innerhalb des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge an einer mit einer für den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung ausreichenden Verweilzeit mit dem strömenden Brennstoff in Kontakt oder in Wirkverbindung stehenden brennerinnenseitigen Oberfläche des Brenners in den Brennstoff eingetragen wird und/oder an einer Kontaktfläche der Heiz- und/oder Zündeinrichtung brennerinnenseitig in den Brennstoff eingetragen wird, die mit einer für den Eintrag der benötigten Wärmeenergiemenge in den Brennstoff zur Erzeugung der initialen Pyrolyse und Zündung ausreichenden Verweilzeit brennerinnenseitig mit dem Brennstoff in Kontakt oder in Wirkverbindung steht, wobei die Oberfläche und/oder die Kontaktfläche von der Brennstoffdüse und/oder dem Stabilisierungsring mit Zahnkranz gebildet wird/werden oder diese umfasst/umfassen.

[0037] Die Brennstoffdüse und/oder der Stabilisierungsring lassen sich insbesondere dadurch in vorteil-

hafter Weise als elektrisch betriebene Heiz- und/oder Zündeinrichtung ausbilden, dass die Brennstoffdüse und/oder der Stabilisierungsring einen von elektrischem Strom durchfließbaren Heizdraht oder einen induktiv beheizten Bereich aufweist/aufweisen, mittels welchem jeweils die innerhalb des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge erzeugt und bereitgestellt wird, was die Erfindung ebenfalls vorsieht.

[0038] Als elektrisch betriebene Heiz- und/oder Zündeinrichtung kann aber auch ein Plasmabrenner oder eine einen Lichtbogen erzeugende Vorrichtung Verwendung finden, so dass es auch möglich ist, dass die innerhalb des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge mittels eines elektrischen Lichtbogens, insbesondere mittels eines Plasmabrenners, erzeugt und bereitgestellt wird, der insbesondere auf die brennerinnenseitige Oberfläche und/oder die Kontaktfläche gerichtet ist und an diese und/oder den geförderten Brennstoff die benötigte Wärmeenergiemenge überträgt.

[0039] Eine weitere Möglichkeit der Erzeugung der zur Auslösung der initialen Pyrolyse oder des initialen Pyrolyseprozesses notwendigen Wärmeenergie besteht darin, heiße Luft in den Bereich des Zündortes oder den Ort des Pyrolyseprozesses zu bringen, wobei dann die innerhalb des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge mittels eines mit einer elektrischen Heizvorrichtung ausgestatteten Heißluftförderrohres erzeugt und bereitgestellt wird, das mit seinem brennerinnenseitigen Mündungsbereich insbesondere auf die brennerinnenseitige Oberfläche und/oder die Kontaktfläche gerichtet ist und an diese und/oder den geförderten Brennstoff die benötigte Wärmeenergiemenge überträgt.

[0040] Insbesondere in diesem Fall, aber auch in allen anderen Fällen, eignet sich für den für den Ablauf des Pyrolyseprozesses und die Zündung des Brennstoffes notwendigen Energieeintrag insbesondere die Brennermündung mit ihren daran/darin vorgesehenen brennerseitigen Einbauten so, dass die für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge über eine brennerinnenseitige Oberfläche und/oder Kontaktfläche in den Brennstoff eingetragen wird, die von der Brennstoffdüse und/oder dem Stabilisierungsring mit Zahnkranz gebildet wird oder diese umfasst.

[0041] Es ist es aber auch möglich, dass die für den Wärmeeintrag in den Brennstoff bereitzustellende Fläche nicht unmittelbarer Bestandteil der Heiz- und/oder Zündeinrichtung ist, sondern von einer damit in wärmeleitender oder wärmeübertragender Wirkverbindung stehenden Brenneinrichtung bereitgestellt wird, so dass die brennerinnenseitige Oberfläche und/oder Kontaktfläche von einem mit der Heiz- und/oder Zündeinrichtung, insbesondere der Brennstoffdüse und/oder dem Stabilisierungsring mit Zahnkranz, in wärmeleitender

und/oder wärmeübertragender Wirkverbindung stehenden brennermündungsseitigen Innenoberflächenbereich des Brennstoffrohrs ausgebildet wird.

[0042] Um die Zündung des Brennstoffes sicherzustellen und die notwendige initiale Pyrolyse durchzuführen, hat es sich als besonders zweckmäßig erwiesen, wenn die für diese Prozesse notwendige Wärmeenergie im Bereich des Zündortes des Brennstoffes erzeugt und dann einerseits über eine Wirkoberfläche oder Kontaktfläche in diesem Bereich in den Brennstoff eingetragen, aber andererseits über Wärmeleitung und/oder Wärmestrahlung auch in andere Bereiche und zu anderen Wirkoberflächen und Kontaktflächen des Brenners, insbesondere brennerinnenseitigen Innenoberflächenbereichen des Brennstoffrohrs, geleitet wird. Es ist daher weiterhin vorteilhaft, wenn die, insbesondere beim Anfahren des Brenners, innerhalb des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge mittels der Heiz- und/oder Zündeinrichtung im Bereich des sich bildenden Zündortes erzeugt und/oder bereitgestellt wird.

[0043] Für die Durchführung des Pyrolyseprozesses und die Zündung des Brennstoffes ausreichend hohe Temperaturen liegen brennstoffabhängig im Bereich von $\geq 200^\circ\text{C}$, insbesondere $\geq 450^\circ\text{C}$ und vorzugsweise im Bereich zwischen 600°C und 700°C . Die Erfindung sieht daher in weiterer Ausgestaltung des Verfahrens vor, dass die brennerinnenseitige Oberfläche und/oder die Kontaktfläche und/oder den Stabilisierungsring mit Zahnkranz und/oder ein brennermündungsseitiger Innenoberflächenbereich des Brennstoffrohrs mittels der Heiz- und/oder Zündeinrichtung auf eine Temperatur von $\geq 200^\circ\text{C}$, insbesondere von $\geq 450^\circ\text{C}$, vorzugsweise von zwischen 600°C - 700°C , erwärmt wird. Damit kann in für die Durchführung der Pyrolyse und die Zündung des Brennstoffs ausreichender Weise Wärmeenergie auf den Brennstoff übertragen werden. Die Zündtemperatur von festen Brennstoffen nimmt mit steigendem Inkohlungsgrad, also mit geringerem Anteil an flüchtigen Bestandteilen, zu.

[0044] Der partikelförmige, insbesondere staubförmige, Brennstoff kann im Brenner, insbesondere im Brennstoffrohr oder Brennstoffförderrohr, mit einer Konzentration zwischen 0,1 und 10 kg (Brennstoff)/(Traggas) und/oder einer Fördergeschwindigkeit zwischen 5 und 30 m/s im Brenner gefördert werden. Die Erfindung sieht in Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens daher schließlich auch vor, dass der partikelförmige, insbesondere staubförmige, Brennstoff im Brenner mit einer Konzentration zwischen 0,1 und 10 kg (Brennstoff)/kg (Traggas) und/oder einer Fördergeschwindigkeit zwischen 5 und 30 m/s an der brennerinnenseitigen Oberfläche und/oder der Kontaktfläche und/oder den Stabilisierungsring mit Zahnkranz und/oder dem brennermündungsseitigen Innenoberflächenbereich des Brennstoffrohrs entlanggeführt wird.

[0045] Der Brenner, insbesondere Kohlenstaubbrenner, ist vorzugsweise als für ein indirektes Feuerungs-

system geeignetes Bauteil ausgebildet, wobei das den Brennstoff fördernde Gas eine höhere Staubbeladung von $\geq 0,4 \text{ kg (Brennstoff) / kg (Gas)}$ aufweist.

[0046] Insgesamt zielt die Erfindung also darauf ab, die Zündung fester, partikelförmiger, insbesondere staubförmiger Brennstoffe auf der Basis von Braunkohle, Steinkohle, Biomasse oder anderen Stoffen in dafür geeigneten Brenneinrichtungen, d.h. insbesondere Brennern oder Kohlenstaubbrennern, ohne die Verwendung eines zusätzlichen, gasförmigen oder flüssigen Brennstoffs durchzuführen. Hierdurch lässt sich die für die Feuerung von gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen oder Hilfsbrennstoffen ansonsten erforderliche Infrastruktur vollständig einsparen. Insbesondere eignet sich die Erfindung für die Anwendung bei indirekten Feuerungssystemen. Auch lassen sich bestehende Kraftwerke damit nachrüsten.

[0047] Die Erfindung betrifft also eine Brenneinrichtung oder einen Brenner, insbesondere Kohlenstaubbrenner, sowie ein Verfahren für festen, partikelförmigen, insbesondere staubförmigen, Brennstoff, mit der/dem Kohlenstaub oder Biomasse oder Mischungen daraus ohne Zuhilfenahme weiterer gasförmiger oder flüssiger Brennstoffe ausschließlich mit elektrischer Energiezufuhr gezündet werden können. Die Brenneinrichtung oder der Brenner oder Kohlenstaubbrenner weist zu diesem Zweck insbesondere die nachstehend aufgeführten besonderen Merkmale oder Kombinationen auf, welche anhand der ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung nachstehend erläutert werden.

[0048] Die Erfindung ist nachstehend anhand einer Zeichnung beispielhaft näher erläutert.

[0049] Die eine einzige Figur umfassende Zeichnung zeigt in schematischer Schnittdarstellung einen Querschnitt eines in der Ausmauerung oder einer Rohrwandausbiegung eines Dampferzeugers eines thermischen Großkraftwerks eingebauten Kohlenstaubbrenners 12. Dieser Kohlenstaubbrenner 12 umfasst ein Brennstoffrohr 1, das die Förderung und die Konzentration eines darin geförderten staubförmigen, kohlenstoffhaltigen Brennstoffes bis in den Mündungsbereich 13 des Kohlenstaubbrenners 12 ermöglicht, wo eine Brennstoffdüse 2 ausgebildet ist, die aufgrund ihrer geometrischen Gestaltung den in dem Brennstoffförderquerschnitt 8 geförderten Brennstoffstrom oder Brennstoffstaubstrom mittels eines üblichen zahnförmigen Stabilisierungsringes 9 vollständig erfasst, verzögert und ablenkt. Hierdurch wird eine ausreichende Verweilzeit des Brennstoffes in ausreichender Konzentration im Mündungsbereich 13 des Kohlenstaubbrenners 12 erzielt, die die Zeit für den Ablauf des erforderlichen Pyrolyseprozesses im Brennstoffförderstrom und dessen Zündung bereitstellt. Im Mündungsbereich 13 weist die Brennstoffdüse 2 mehrere, aus einem Heizdraht 20 oder Widerstandsdraht gebildete Wicklungen auf, die eine (erste) Heiz- und/oder Zündeinrichtung 14' ausbilden. Die Wicklungen des Heizdrahtes 20 erstrecken sich durch den Stabilisierungsring 9 und dessen Zahnkranz 15 sowie daran an-

grenzende brennerinnenseitige Oberflächenbereiche 16, 17, 18 und 19 der Brennstoffdüse 2 und des Brennstoffrohres 1. Mittels des Heizdrahtes 20 und damit mittels der (ersten) Heiz- und/oder Zündeinrichtung 14', die eine (erste) Zünd- und/oder Wärmequelle 3' ausbildet, wird ein für die Auslösung des initialen Pyrolyseprozesses und die Zündung des geförderten Brennstoffes ausreichend hoher Wärmetransfer und Wärmeeintrag zunächst in diese Bauteile und Konstruktionselemente des Brenners 12 eingeleitet und eingetragen, welche dann ihrerseits wiederum den für die Auslösung des initialen Pyrolyseprozesses und die Zündung des Brennstoffes notwendigen Wärmetransfer und Wärmeeintrag in den daran vorbeigeförderten Brennstoffstrom eintragen. Ebenso ist hier eine als Zündlanze ausgebildete weitere Heiz- und/oder Zündeinrichtung 14, die eine weitere Zünd- und/oder Wärmequelle 3 ausbildet und einen für die Auslösung des initialen Pyrolyseprozesses ausreichend hohen Wärmetransfer und Wärmeeintrag in den geförderten Brennstoffstrom ermöglicht, mit ihrer Spitze im Bereich des sich bildenden Zündortes des geförderten Brennstoffes angeordnet. Der für die Zündung und Verbrennung oder Oxidation des Brennstoffes notwendige Sauerstoff wird insbesondere durch das zentrale Rohr 10 oder Kernluftrohr 7 im Bereich des Zündortes zugeführt. Ergänzend und alternativ kann auch durch das den Brennstoff im Brennstoffrohr 1 fördernde Traggas, beispielsweise ein sauerstoffhaltiges Gas (in der Regel atmosphärische Luft) oder ein CO₂-haltiges Rezirkulationsgas, der zur Verbrennung notwendige Sauerstoff dem Bereich des Zündortes zugeführt werden. Der Bereich des Zündortes befindet sich im Bereich des Zahnkranzes 15 des Stabilisierungsringes 9. Diesem Bereich des Zündortes wird über das Traggas oder das sauerstoffhaltige Gas oder das Rezirkulationsgas der zur Zündung oder zur sofortigen Oxidation der aus den Staubpartikeln des Brennstoffes freigesetzten Pyrolyseprodukte notwendige Sauerstoff zur Verfügung gestellt. Die hier im Bereich des Zündortes mittels der (ersten) Heiz- und/oder Zündeinrichtungen erzeugte Wärmemenge wird unmittelbar oder zumindest teilweise mittels Wärmeleitung und/oder Wärmeübertragung beispielsweise im Wege von Strahlungswärme in die Brennstoffdüse 2 und den Stabilisierungsring 9 mit Zahnkranz 15 eingetragen und von diesem über Wärmeleitung in angrenzende Innenoberflächenbereiche 16, 17, 18, 19 des Brennstoffförderrohres 1 und/oder der Brennstoffdüse 2 geleitet, so dass über eine entsprechende Strecke, entlang welcher der Brennstoff teilweise in Kontakt mit den Innenoberflächenbereichen 16, 17, 18, 19 tritt und zur Brennermündung 3 strömt, der für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung im Bereich des Zündungsortes erforderliche Wärmeeintrag in dem Brennstoff zur Verfügung gestellt wird. Ferner ist es möglich, dass der für die Zündung des Brennstoffes und die initiale Pyrolyse notwendige Wärmeeintrag ausschließlich mittels der ersten Heiz- und/oder Zündeinrichtung 14' zur Verfügung gestellt wird. Hierbei ist es

aber auch möglich, dass gleichzeitig auch mittels der weiteren Heiz- und/oder Zündeinrichtung 14 Wärmeenergie in den Brennstoff eingetragen.

[0050] Die erste Zünd- und/oder Wärmequellen 3' und die weitere Zünd- und/oder Wärmequelle 3 stellen - zumindest insgesamt, gegebenenfalls aber auch jede einzeln - die für die Pyrolyse, d.h. den ablaufenden initialen Pyrolyseprozess, und die Zündung des partikelförmigen, insbesondere staubförmigen Brennstoffes notwendige Wärme- und Zündenergie ausschließlich durch die Nutzung elektrischer Energie als elektrisch beheizte Zünd- und/oder Wärmequelle 3, 3' oder Heiz- und/oder Zündeinrichtung 14, 14' ohne Verwendung weiterer zusätzlicher flüssiger oder gasförmiger Brennstoffe bereit.

[0051] Nach erstmaliger Zündung des staubförmigen Brennstoffes und Ausbildung einer stabilen Flamme ist der initiale Pyrolyseprozess, d.h. die Entstehung und Durchführung der initialen Pyrolyse, und die initiale Zündung abgeschlossen und wird/werden die elektrisch betriebene Heiz- und/oder Zündeinrichtung(en) 14, 14' abgestellt. Die weitere Verbrennung des geförderten Brennstoffes unter kontinuierlichem Ablauf und kontinuierlicher Ausbildung des Pyrolyseprozesses mit abschließender Zündung der Pyrolyseprodukte erfolgt dann in üblicher Weise durch den von der Brennerflamme erzeugten Wärmeenergieeintrag in den in dem Kohlenstaubbrenner geförderten Brennstoff.

[0052] Die für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergie wird im Bereich der Brennstoffdüse 2 und/oder des Stabilisierungsringes 9 sowie dem brennermündungsseitigen Innenoberflächenbereich 16 des Brennstoffrohres 1 in den mit ausreichender Verweilzeit daran entlang strömenden Brennstoff eingetragen. Diese genannten Flächen oder Flächenbereiche bilden die brennerinnenseitige Oberfläche 16, 17, 18, 19 aus, entlang welcher die im Kohlenstaubbrenner 12 für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge an einer mit einer für den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung ausreichenden Verweilzeit mit dem strömenden Brennstoff in Kontakt oder in Wirkverbindung stehenden brennerinnenseitigen Oberfläche 16, 17, 18, 19 in den Brennstoff eingetragen wird.

[0053] Diese brennerinnenseitige Oberfläche 16, 17, 18, 19 ist ganz oder teilweise Bestandteil einer Kontaktfläche der (ersten) Heiz- und/oder Zündeinrichtung 14', da die Brennstoffdüse 2 mit dem daran angeordneten Stabilisierungsring 9 mit Zahnkranz 15 und/oder die brennerinnenseitige Oberfläche 16, 17, 18, 19 mit Hilfe des elektrischen Heizdrahtes 20 oder mittels einer induktiven Erwärmung als (erste) Heiz- und/oder Zündeinrichtung 14' ausgebildet ist/sind und die erste beheizte elektrische Zünd- und/oder Wärmequelle 3' ausbilden.

[0054] Es ist aber auch möglich, die in der Figur dargestellte Heiz- und/oder weitere Zündeinrichtung 14 als eine einen elektrischen Lichtbogen erzeugende Einrichtung, insbesondere einen Plasmabrenner, auszubilden, die/der auf die brennerinnenseitige Oberfläche und/oder

die Kontaktoberfläche und/oder den daran vorbeiströmenden Brennstoff gerichtet ist und an diese oder diesen die benötigte Wärmeenergiemenge überträgt. In nicht dargestellter Weise kann die weitere Heiz- und/oder Zündeinrichtung 14 auch von einem Heißluftförderrohr gebildet sein, das zur Erzeugung der benötigten Wärmeenergiemenge mit einer elektrischen Heizvorrichtung ausgestattet ist und das mit seinem brennerinnenseitigen Mündungsbereich auf die brennerinnenseitige Oberfläche und/oder die Kontaktoberfläche und/oder den daran vorbeiströmenden Brennstoff gerichtet ist und an diese oder diesen die benötigte Wärmeenergiemenge überträgt.

[0055] Die Brennstoffdüse 2 umfasst einen als gezahnter Stabilisierungsring 9, der am mündungsseitigen Ende des Brennstoffrohres 1 ausgebildet und angeordnet ist und dessen Mündungsende 13 ausbildet. Dabei ist die Brennstoffdüse 2 und insbesondere der gezahnte Stabilisierungsring 9 weiterhin mit oder in einem - gewünschten, bestimmten und ggf. bestimmbaren - Abstand vor der Mündungsöffnung des konzentrisch Brennstoffrohr 1 innerhalb desselben und im Zentrum des Brenners angeordneten Kernluftrohr 7 angeordnet und ausgebildet.

[0056] Die Brennstoffdüse 2 und/oder die brennerinnenseitigen Oberflächenbereiche 16, 17, 18, 19 werden ganz oder teilweise zumindest im Wesentlichen, vorzugsweise ausschließlich, elektrisch auf eine Temperatur von mindestens 200 °C, in Abhängigkeit von der Brennstoffbeschaffenheit auf eine Temperatur von vorzugsweise > 400 °C, erhitzt. An der Brennstoffdüse 2 entsteht aufgrund der, vorzugsweise vollständigen Erfassung, Verzögerung und Ablenkung des Brennstoff-Staubstromes in axialer und radialer Strömungsrichtung eine für die Pyrolyse der Staubpartikel des Brennstoffstromes ausreichende Verweilzeit und werden die vorzugsweise vollständig erfassten und verzögerten Staubpartikel derart erwärmt, dass sie entgasen und zündfähige Pyrolyseprodukte freisetzen, wobei dieser Pyrolyseprozess vor der erstmaligen Zündung des Brennstoffes und damit des Brenners 12 ausschließlich mittels der Wärmeenergie in Gang gesetzt und aufrecht erhalten wird, die von der elektrisch beheizten Brennstoffdüse 2 und/oder der elektrisch beheizten brennerinnenseitigen Oberfläche 16, 17, 18, 19 und/oder den elektrisch beheizten Zünd- und/oder Wärmequellen 3, 3', insbesondere dem Stabilisierungsring 9 mit Zahnkranz 15, bereitgestellt wird.

[0057] Vorzugsweise unterstützt die weitere Zünd- und/oder Wärmequelle 3 die Pyrolyse und (ent-)zündet frei gewordene Pyrolyseprodukte, und dies ggf. zusätzlich, wenn beispielsweise die elektrisch beheizten brennerinnenseitigen Oberflächen 16, 17, 18, 19 der Brennstoffdüse 2 oder der Stabilisierungsring 9 auf andere Weise elektrisch beheizt wird, beispielsweise induktiv oder mittels eines in die Brennstoffdüse 2 eingelassenen Heizdrahtes 20.

[0058] In nicht näher dargestellter Ausgestaltung der

Erfindung kann hierbei vorgesehen sein, dass als weitere Wärmequelle 3 eine Plasmaflamme verwendet wird, die mit Hilfe elektrischer Energie ohne einen zusätzlichen Brennstoff erzeugt werden kann. Die Plasmaflamme wird dabei mit Hilfe einer geeigneten Lanze in unmittelbarer Nähe der Brennstoffdüse 2 und/oder des Stabilisierungs-rings 9 ausgebildet, wodurch der Brennstaub/Brennstoffstaub so stark aufgeheizt wird, dass der Pyrolyseprozess unverzüglich erfolgt und die Oxidation zeitnah stattfinden kann. Auch diese Zünd- und/oder Wärmequelle 3 in Form einer Plasmaflamme kann zusätzlich vorgesehen sein, wenn die Brennstoffdüse 2 und/oder die brennerinnenseitige Oberfläche 16, 17, 18, 19 auf andere Weise ganz oder teilweise elektrisch beheizt wird, beispielsweise induktiv oder mittels eines in der Brennstoffdüse 2 und/oder in die brennerinnenseitige Oberfläche 16, 17, 18, 19 eingelassenen Heizdrahtes 20. Hierbei wird dann durch die Ausbildung der Plasmaflamme mit Hilfe der geeigneten Lanze in unmittelbarer Nähe der Brennstoffdüse 2 der Brennstaub/Brennstoffstaub zusätzlich stark aufgeheizt, so dass der Pyrolyseprozess unterstützt wird und die Oxidation der an der elektrisch beheizten Brennstoffdüse 2 oder der brennerinnenseitigen Oberfläche 16, 17, 18, 19 oder den Zünd- und/oder Wärmequellen 3, 3' aus den Brennstoff-Staubpartikeln freigesetzten Pyrolyseprodukte zeitnah stattfinden kann.

[0059] Weiterhin weist das Brennstoffrohr 1 eine Vorrichtung 4 auf, mit der vorübergehend eine Anfahraustaubsträhne ausgebildet werden kann, wobei diese zur Erhöhung der Wärmefreisetzung gezielt in die Zünd- und/oder Wärmequellen 3 und/oder 3' gelenkt wird, um anschließend nach erfolgter Zündung wieder aufgelöst zu werden, ohne dabei die vorstehend angegebenen Zündbedingungen zu verschlechtern. Die Vorrichtung 4 kann als Schiene ausgeführt sein, die den Brennstoffstaub mit Hilfe eines Drallerzeugers 5 an einer bestimmten Umfangsposition staut und in axiale Richtung umlenkt.

[0060] Grundsätzlich ist es möglich, dass zur abschließlichen oder zusätzlichen Bereitstellung einer ausreichenden Zündtemperatur und zur Sicherstellung einer ausreichenden Pyrolyse oder zur Unterstützung der Pyrolyse ein elektrisch beheizter Heizdraht 20 oder eine andere Form der elektrischen Beheizung, beispielsweise induktive Erwärmung, als Zünd- und/oder Wärmequelle 3, 3' in die Brennstoffdüse 2 und/oder in die brennerinnenseitige Oberfläche 16, 17, 18, 19 integriert ist. Die Ausschließlichkeit ergibt sich dann, wenn nur an dieser Stelle eine Zünd- und/oder Wärmequelle 3, 3' ausgebildet ist. Die Zusätzlichkeit ergibt sich dann, wenn eine solche oder eine an der Wärmequelle 3 auch noch an anderer Stelle des Brenners ausgebildet ist.

[0061] Weiterhin ist in dem Brenner 12 eine Brennstofflanze 6 angeordnet, die einen Teil des Brennstoffs/Brennstaubes/Brennstoffstaubs gezielt in die weitere Zünd- und/oder Wärmequelle 3, die dann vorzugsweise als Plasmaflamme ausgebildet ist, einleitet, wodurch die kohlenstoffhaltigen Staubpartikel sehr stark aufge-

heizt werden und die Freisetzung und Entzündung von Pyrolyseprodukten aus dem Brennstoff zur Ausbildung einer Flamme führt, die wiederum durch Wärmefreisetzung und insbesondere durch die über das elektromagnetische Spektrum kontinuierlich abgegebene Wärmestrahlung der aufgeheizten Brennstoffpartikel die Pyrolyse der an der Brennstoffdüse 2 erfassten und verzögerten staubförmigen Brennstoffpartikel bewirkt. Die Brennstofflanze 6 kann dabei als ein eigenständiges Bauteil oder als ein die weitere Zünd- und/oder Wärmequelle 3 umgebender Ringquerschnitt ausgebildet sein.

[0062] Es ist aber auch möglich, anstelle von Brennstaub andere staubförmige, auch nicht brennbare Medien, mittels einer geeigneten Lanze 6 oder eines die Lanze der weiteren Zünd- und/oder Wärmequelle 3 umgebenden Ringquerschnitts in die weitere Zünd- und/oder Wärmequelle 3 einzuleiten, so dass dadurch die Wirkung einer der Pyrolyse der an der Brennstoffdüse 2 erfassten und verzögerten Brennstoffstaubpartikel fördernden Wärmeabstrahlung dieser Staupartikel erzielt wird.

[0063] Die Brennstoffdüse 2 kann mit Hilfe von feuerfesten Materialien, wie beispielsweise Textilien oder formstabilen Bauteilen aus Keramikfasern, auf ihrer dem Brennstoffstrom abgewandten Seite isoliert sein, um die Wärmeverluste an die das Brennstoffrohr 1 umgebende Mantelluft 11 und den elektrischen Energiebedarf der Beheizung zu verringern.

[0064] Insbesondere wird die Brennstoffdüse 2 insbesondere induktiv auf eine geeignete und die jeweils vorgesehene Temperatur aufgeheizt.

[0065] Auch kann eine mit einem staubförmigen, festen Brennstoff betriebene und als Heiz- und/oder Wärmequelle ausgebildete Zündlanze 6 vorgesehen sein, die eine Flamme in der Nähe der Brennstoffdüse 2 erzeugt, die vorzugsweise mit Hilfe eines elektrischen Zünders unter Zugabe von reinem Sauerstoff oder einem Gasgemisch mit sehr hohem Sauerstoffpartialdruck gezündet wird.

[0066] Da die Ausbildung einer Plasmaflamme als weitere Zünd- und/oder Wärmequelle 3 technisch gegebenenfalls einen relativ hohen konstruktiven und/oder apparativen Aufwand erfordert, kann vorgesehen sein, dass die Zündung mittels ausreichend heißer Luft durchgeführt oder zumindest unterstützt wird. Dies ist möglich, da die Zündung des Kohlenstaubes letztlich durch die Pyrolyse der Flüchtigen und das anschließende Einsetzen der Reaktion der Flüchtigen mit dem zugeführten Sauerstoff erfolgt. Entscheidend hierfür sind die Temperaturbedingungen im Bereich der Mischzone zwischen dieser heißen Luft und dem Brennstoff und die Verweilzeiten. Heißlufttemperaturen von $> 450^{\circ}\text{C}$, beispielsweise eine mittels einer elektrischen Heiz- und/oder Zündeinrichtung 14 erzeugte Heißluft mit einer Temperatur im Bereich von 650°C , sind ausreichend, um den Pyrolyse- und Zündprozess beispielsweise bei Trockenbraunkohle in Gang zu setzen.

[0067] Eine solche Heiz- und/oder Zündeinrichtung 14 kann beispielsweise in den in der Figur dargestellten

Brenner eingebaut sein. Die heiße Luft wird dann im Bereich der Mündung 13 der Staubbüse oder Brennerdüse 2 eingebracht und dort mit dem insbesondere staubförmigen Brennstoff, vorzugsweise Braunkohlenstaub, vermischt. Dieses zündfähige Gemisch befindet sich dann unmittelbar im Bereich der Rückstromzone des Brenners, so dass die nach der Zündung des Brennstoffs entstehende Flamme bei entsprechend hohem Drall über den Umfang des Brenners verteilt wird und eine stabile Flamme ausbildet. Grundsätzlich kann dieses Verfahren bei jeder Brennerform eingesetzt werden, bei der sich die Mischzone zwischen Brennstoff und Luft bzw. Verbrennungssauerstoff oder Oxidationsmittel im Bereich eines Flammenhalters, hier der Stabilisierungsring 9, befindet. Die heiße Luft wird in den brennerinnenseitigen Anfangsbereich der Mischzone zwischen Brennstoff und Luft in den Brennstoff eingemischt. Dabei sollte die Geschwindigkeit des Brennstoffs so niedrig sein, dass auf dem bis zur Brennermündung verbleibenden Weg eine gute Vermischung der heißen Luft mit dem Brennstoff mit ausreichender Verweilzeit gewährleistet ist.

[0068] Zur Erzeugung der heißen Heiß- und/oder Zündluft kann als weitere Zünd- und/oder Wärmequelle 3 ein Heißluftrohr vorgesehen sein, durch welches die aufzuheizende Zündluft gefördert und dabei mittels einer in oder an dem Heißluftrohr vorgesehenen elektrischen Beheizung innerhalb des Heißluftrohres erhitzt wird. Der Austritt des Heißluftrohres befindet sich nah der Staubbüse oder Brennstoffdüse 2 innerhalb des Brenners in Strömungsrichtung vor dem Stabilisierungsring 9, so dass eine sofortige Vermischung der heißen Luft mit dem durch das Brennstoffrohr 1 zugeführten Brennstoff erfolgen kann. Dabei kann das Heißluftrohr durch das bei dem Brenner vorgesehene Primärluftrohr, das Kernluftrohr 7, durch das Sekundärluftrohr, das Mantelluftrohr oder auch von allen Seiten zu dieser Stelle geführt werden. Die zur Beheizung vorgesehene elektrische Einrichtung soll eine Aufheizung der Luft auf für die Aufheizung und Pyrolyse des Brennstoffs ausreichend hohe Temperaturen ermöglichen. Die Positionierung derselben innerhalb des Brenners wird dabei vorzugsweise so gewählt, dass dies mit geringem konstruktivem Aufwand möglich ist.

[0069] Die aufgeheizte Zündluft kann dabei auch direkt mit einem staubförmigen Medium, vorzugsweise Brennstaub, mit Hilfe einer Lanze 6 oder eines die Zündluftlanze umgebenden Ringquerschnitts vermischt werden, so dass eine hohe Wärmestrahlung der dann heißen Staupartikel zu einer Wärmeübertragung auf die an der Brennstoffdüse erfassten und verzögerten Staupartikel führt, wodurch diese entgasen und zündfähige Pyrolyseprodukte freisetzen.

[0070] Die Erfindung ermöglicht die Umrüstung von Kesseln oder Dampferzeugern auf Zünd- und Stützfeuer bei bestehender Verbrennung von Kohlenstaub, insbesondere Trockenbraunkohlenstaub, und ist insbesondere bei einer indirekten Feuerung und einem damit einhergehenden Rückbau der Versorgungsinfrastruktur für

öl- oder gasförmige Brennstoffe von Vorteil. Eine solche, insbesondere indirekte Feuerung kann auch Mischungen der verschiedenen Brennstoffe umfassen. Zweckmäßig ist eine Mischung aus Trockenbraunkohle und Sägemehl oder anderer Biomasse.

[0071] Die Zünd- und Stützfeuerung auf Grundlage der indirekten Feuerung kann auch in Dampferzeugern mit direkter Hauptfeuerung von Steinkohle oder Rohbraunkohle eingesetzt werden und ermöglicht hier insbesondere den Betrieb des Dampferzeugers bei beliebig niedrigen Lasten mit dennoch stabiler Feuerung. Die indirekte Feuerung wird dabei zweckmäßig mit höheren Staubbelastungen > 0,4 kg (Brennstaub)/kg (Gas) ausgeführt.

[0072] Unter direkter Feuerung oder direktem Feuerungssystem wird im vorstehenden Zusammenhang und im Zusammenhang mit der Erfindung verstanden, dass der Brennstoff nach seiner Aufbereitung/Mahlung in einer Mahlanlage, insbesondere Kohlemühlen, unmittelbar den Brennern im Feuerungsraum des Großdampferzeugers zugeführt wird. Unter indirekter Feuerung oder indirektem Feuerungssystem wird eine Zwischenlagerung des Brennstoffs nach der Aufbereitung/Mahlung in der Mahlanlage in einem oder mehreren Lagerbehältern oder Silos verstanden, aus welchen heraus der Brennstoff dann - gegebenenfalls erst später - bedarfsweise und bedarfsgerecht zu den Brennern gefördert wird.

[0073] Grundsätzlich findet die Verbrennung von staubförmigem Brennstoff in den Dampferzeugern von thermischen Kraftwerken Anwendung. Die Dampferzeuger sind zu diesem Zweck mit Kohlenstaubbrennern 12 ausgestattet. Die Kohlenstaubbrenner 12 erfüllen dabei die Funktion, den nachstehend beschriebenen Pyrolyse- und Verbrennungsprozess zu ermöglichen.

[0074] Die Verbrennung von festem, staubförmigem Brennstoff, z.B. Kohlenstaub, erfordert dessen initiale Zündung oder Entzündung. Verbrennung bedeutet, dass durch Oxidation der im Brennstoff vorhandenen, brennbaren Bestandteile Energie freigesetzt wird. Für die Zündung des Brennstoffs müssen jedoch ganz bestimmte Bedingungen erfüllt sein. Sind diese nicht erfüllt, so zündet der Brennstoff nicht und die in ihm chemisch gebundene Energie wird nicht freigesetzt.

[0075] Da die Oxidation des im Brennstoff fix gebundenen Kohlenstoffs eine hohe thermische Anfangsenergie voraussetzt, werden bei der Zündung des Brennstoffs zunächst die im Brennstoff enthaltenen flüchtigen Bestandteile entzündet. Damit diese entzündet werden können, müssen sie gasförmig aus dem Brennstoffstaub austreten. Unter dem Einfluss von Wärme treten die flüchtigen Bestandteile aus dem Brennstoffstaub aus und kommen so in Kontakt mit dem für die Oxidation notwendigen Sauerstoff. Der Austritt der flüchtigen Bestandteile in die Gasphase wird als Pyrolyse bezeichnet.

[0076] Bei einem kontinuierlich ablaufenden Verbrennungsprozess stammt die für die einzelnen Verfahrensschritte erforderliche Wärme aus der Energiefreisetzung der exothermen Verbrennungsreaktionen. Zur Initialisierung eines kontinuierlichen Verbrennungsprozesses

muss jedoch zunächst Wärmeenergie aus einer (anderen) Quelle zur Einleitung des Verfahrens zur Verfügung gestellt werden. Hierfür wird bisher üblicherweise zunächst ein gasförmiger oder flüssiger Brennstoff verbrannt. Durch die Erfindung wird erreicht, die Verbrennung gasförmiger oder flüssiger Brennstoffe, die für die Zündung eines festen, staubförmigen Brennstoffs ansonsten notwendig sind, einzusparen.

[0077] Als einzelne Verfahrensschritte des Pyrolyse- und Verbrennungsprozesses sind

1. Zuführung des Brennstoffs und des Sauerstoffträgergases
2. Ermöglichung von Verweilzeit und Wärmeübertragung auf den Brennstoff
3. Bereitstellung von Sauerstoff
4. Initialisierung des Pyrolyse- und Verbrennungsprozesses
 - 4a. Aufheizung Brennstoffdüse
 - 4b. Einsatz eines Plasmabrenners
 - 4c. Sonstige Wärmequellen
5. Pyrolyse
6. Verbrennung der Pyrolyseprodukte
7. Verbrennung des Kohlenstoffs
8. Ausbildung einer Flamme

im Folgenden näher erläutert.

1. Verfahrensschritt: Zuführung des Brennstoffs und des Sauerstoffträgergases

[0078] Es wird dazu in Brennstoff führenden Leitungen mit Hilfe eines Traggases der staubförmig aufbereitete Brennstoff zu einem Brenner 12 transportiert. Außerdem führen weitere Leitungen Luft oder ein anderes Sauerstoffträgergas in den Brenner 12, um eine Menge an Sauerstoff, die zur Verbrennung von flüchtigen Bestandteilen und Kohlenstoff im Brennstoff erforderlich ist, bereit zu stellen. Auch das Traggas des Brennstoffs in den Brennstoff führenden Leitungen kann Sauerstoff enthalten. Die Konzentration von Brennstoff im Traggas kann beispielsweise zwischen 0,1 und 10 kg(Brennstoff)/kg(Traggas) betragen. Die Fördergeschwindigkeit des Brennstoffs kann im Bereich zwischen 5 und 30 m/s liegen. Der Pyrolyse- und Verbrennungsprozess findet am Mündungsbereich 13 des Brenners 12 statt, d.h. dort wo die Brennstoff und Sauerstoffträgergas führenden Rohre des Brenners 12 in den Feuerraum eines Dampf-

erzeugers münden.

2. Verfahrensschritt: Ermöglichung von Verweilzeit und Wärmeübertragung auf den Brennstoff

[0079] Außerdem erfüllt der Brenner 12 die Funktion, die für die Wärmeübertragung auf den Brennstoff und die Entstehung und den Ablauf der Pyrolyse notwendige Verweilzeit zu ermöglichen. Die Verweilzeit richtet sich nach der erforderlichen Wärmemenge bzw. Temperatur des Brennstoffs und der über eine Wärmeübertragung auf den Brennstoff einwirkenden Wärmeleistung. Dies wird in dem Brenner 12 dadurch realisiert, dass die Wärmemenge bzw. die Temperatur den Erfordernissen der Pyrolyse und der Initialisierung der Oxidation flüchtiger Bestandteile des Brennstoffs entspricht. Eine hohe Verweilzeit sichert dabei eine ausreichende Wärmeübertragung. Diese wird durch den konstruktiven Aufbau des Brenners 12 erhöht, indem der staubförmige Brennstoff an einer geeigneten Stelle am Mündungsbereich 13 des Brenners 12 oder in seiner Nähe durch Verzögerung, Abbremsung, Verwirbelung oder Ablenkung in seiner Bewegung derart beeinflusst wird, dass die zur Verfügung stehende und auf den Brennstoff einwirkende Wärmeleistung zu einer ausreichenden Übertragung von Wärme, die für die Initiierung der Pyrolyse und der Verbrennung der Pyrolyseprodukte erforderlich ist, auf den Brennstoff führt. Das für die Beeinflussung der Bewegung des Brennstoffs im Brenner 12 realisierte Bauteil ist die Brennstoffdüse 2 oder der Flammenhalter. Die notwendige Wärmemenge muss an der oben erwähnten geeigneten Stelle zur Verfügung gestellt werden. Gleichzeitig wird die Verweilzeit so gewählt, dass durch die Pyrolyse ein zündfähiges Gemisch aus gasförmigen Pyrolyseprodukten und dem Sauerstoffträgergas entsteht.

3. Verfahrensschritt: Bereitstellung von Sauerstoff

[0080] Das Traggas, das den Brennstoffstaub transportiert, kann bereits eine für die Oxidation der Pyrolyseprodukte ausreichende Menge Sauerstoff enthalten. Sollte es aus verfahrenstechnischer Sicht vorteilhaft oder notwendig sein, eine geringe Sauerstoffkonzentration im Traggas einzustellen oder ein Inertgas als Traggas zu verwenden, kann der Brenner 12 alternativ über Leitungen zur Bereitstellung von Luft oder anderen Sauerstoffträgergasen, die den erforderlichen Sauerstoff an ihrer Mündung für die Verbrennung der gasförmigen Pyrolyseprodukte bzw. für die anschließende Verbrennung des im Brennstoff enthaltenen Kohlenstoffs bereitstellen, verfügen. Die Mündung der brennerinnenseitigen Rohre befindet sich dort, wo die für die Verbrennung erforderliche Sauerstoffmenge zur Verfügung gestellt werden muss.

4. Verfahrensschritt: Initialisierung des Pyrolyse- und Verbrennungsprozesses

[0081] Zur Initialisierung des gesamten Pyrolyse- und

Verbrennungsprozesses muss zu Beginn der kontinuierlichen Zuführung von staubförmigem Brennstoff Wärme auf den Brennstoff übertragen werden. Hierbei wird im Stand der Technik üblicherweise ein gasförmiger oder flüssiger Hilfsbrennstoff zuerst elektrisch gezündet, d.h. durch einen Funken oder Lichtbogen wird einem zündfähigen Gemisch aus Sauerstoffträgergas und gasförmigem bzw. flüssigem Brennstoff kurzzeitig Wärmeenergie zugeführt, die ausreichend ist, um eine Oxidation des Hilfsbrennstoffs zu erreichen. Durch die Oxidation oder Verbrennung des Hilfsbrennstoffs wird Wärmeenergie freigesetzt, die zu einer kontinuierlichen Verbrennung des zugeführten flüssigen oder gasförmigen Brennstoffs führt. Die aus dieser Verbrennung freiwerdende Wärmeenergie wird genutzt, um einen staubförmigen Brennstoff zu entzünden, d.h. die initiale Pyrolyse und Zündung des staubförmigen Brennstoffs zu bewirken. Sobald der staubförmige Brennstoff entzündet ist und verbrennt, kann die Verbrennung des flüssigen oder gasförmigen Hilfsbrennstoffs beendet werden, da sich die Verbrennung des staubförmigen Brennstoffs durch die bei der Verbrennung frei werdende Wärme selbstständig fortsetzt. Für die Entzündung von staubförmigem Brennstoff ist ein kurzzeitiger Funken oder Lichtbogen nicht ausreichend, um die Pyrolyse zu bewirken, d.h. den Austritt flüchtiger Bestandteile aus dem Brennstoff mit dem Ziel ein verbrennungsfähiges Gemisch mit einem Sauerstoffträger herzustellen.

[0082] Die Erfindung stellt nun ein Verfahren und einen Kohlenstaubbrenner 12 bereit, die die für die Pyrolyse und die Verbrennung der flüchtigen Bestandteile des staubförmigen Brennstoffs erforderliche Wärmemenge ohne Verbrennung eines zusätzlichen flüssigen oder gasförmigen Hilfsbrennstoffs ausschließlich elektrisch erzeugt und bereitstellt.

5. Verfahrensschritt: Pyrolyse

[0083] Die Pyrolyse, d.h. der Austritt flüchtiger Bestandteile aus dem staubförmigen, festen Brennstoff, beginnt bereits bei Temperaturen, die niedriger sind als jene, die zur Oxidation des fix im Brennstoff gebundenen Kohlenstoffs erforderlich sind. Die sogenannte Pyrolysetemperatur ist dabei von den Eigenschaften des staubförmigen Brennstoffs abhängig und kann experimentell ermittelt werden. Für die Pyrolyse der flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs ist es erforderlich, dass eine ausreichende Verweilzeit gegeben ist, während welcher eine ausreichende Wärmemenge in den Brennstoff eingetragen werden kann, die es erlaubt, dass der Brennstoff derart aufgeheizt wird, dass die zur Entstehung und Durchführung der initialen Pyrolyse erforderliche Temperatur erreicht wird. Hierfür wird zumindest die der verfügbaren Verweilzeit angepasste erste Wärmequelle 3' bereitgestellt, die gegebenenfalls von der weiteren Wärmequelle 3 unterstützt wird. Liegt eine ungenügende Verweilzeit oder Wärmemenge vor, so dass die initiale Pyrolyse nicht bewirkt werden kann, wird die Verbrennung

des festen Brennstoffs nicht stattfinden.

6. Verfahrensschritt: Verbrennung der Pyrolyseprodukte

[0084] Die gasförmigen, aus dem Brennstoff stammenden flüchtigen Bestandteile entzünden sich unter bestimmten Bedingungen. Zum einen muss für die Verbrennung ausreichend Sauerstoff zur Verfügung stehen. Außerdem muss ein für die Verbrennung geeignetes Verhältnis von Sauerstoff und brennbaren Stoffen, d.h. ein zündfähiges Gemisch aus dem Sauerstoffträgergas und den aus dem Brennstoff ausgetretenen, flüchtigen Bestandteilen, entstehen. Die Fähigkeit des Gemisches zur Zündung wird mittels der unteren und der oberen Zündgrenze beschrieben. Die Zündgrenzen sind jene Mischungsverhältnisse aus Sauerstoff und brennbaren Stoffen, innerhalb derer ein solches Gemisch zündfähig ist. Es muss also zunächst eine ausreichende Menge flüchtiger Bestandteile aus dem Brennstoff austreten, damit zündfähige Gemische entstehen. Die zuvor bereits erwähnte Verweilzeit wird daher so gestaltet, dass eine ausreichende Menge von flüchtigen Bestandteilen aus dem Brennstoff austritt. Außerdem wird ausreichend Sauerstoff bereitgestellt, damit ein zündfähiges Gemisch entsteht. Das bedeutet, dass die Zuführung von Luft oder einem anderen Sauerstoffträger so gestaltet wird, dass die ausgetretenen flüchtigen Bestandteile und das Sauerstoffträgergas ein zündfähiges Gemisch bilden. Ferner muss für eine Entzündung des Gemisches eine ausreichende Temperatur vorherrschen bzw. eine ausreichende Verweilzeit zur Aufheizung bis zu dieser Temperatur oder anders ausgedrückt eine ausreichende Verweilzeit für die erforderliche Übertragung von Wärme ermöglicht werden. Ist dies der Fall, so wird nach erfolgreicher Entzündung des Gemisches Wärmeenergie aus den exothermen Oxidationsreaktionen freigesetzt.

7. Verfahrensschritt: Verbrennung des Kohlenstoffs

[0085] Die aus der Verbrennung des Edukt-Gemisches aus Sauerstoffträgergas, z.B. Luft, und den aus dem Brennstoff freigesetzten, flüchtigen Bestandteilen freiwerdende Wärmeenergie führt zu einer Erhöhung der Temperatur der aus der Verbrennung hervorgehenden Produkte und zu einer weiteren Wärmeübertragung auf den entgasenden Brennstoff. Die Verbrennung flüchtiger Bestandteile und des entgasten Brennstoffs (Restkoks) führt wiederum zu einer Freisetzung von Wärmeenergie, die das Entstehen eines stabilen, kontinuierlichen Verbrennungsvorgangs ermöglicht. Die Verbrennung des entgasten Brennstoffs ist maßgeblich von chemischen und Diffusionsprozessen bestimmt.

8. Verfahrensschritt: Ausbildung einer Flamme

[0086] Durch die freigesetzte Wärmeenergie aus der Verbrennung der flüchtigen Bestandteile und des Restkokes wird eine Temperaturerhöhung der gasförmigen

und festen Bestandteile des Rauchgasgemisches, d.h. der Verbrennungsprodukte, bewirkt. Durch Brennstoff-, Staub- und Rußpartikel mit hoher Temperatur wird durch elektromagnetische Strahlung im Bereich der Wärmestrahlung und auch im Bereich des sichtbaren Lichts Strahlungsenergie an die Umgebung abgegeben. Auf diese Weise entsteht schließlich eine sichtbare Flamme. Auch gasförmige Produkte der Verbrennungsreaktionen mit heteroatomigem Aufbau geben Wärmestrahlung in bestimmten Wellenlängenbereichen ab und führen so zu einer Wärmeübertragung durch Strahlung. Darüber hinaus kann durch eine geschickte Führung der Strömung der Verbrennungsluft bzw. anderer Sauerstoffträger eine Rezirkulation von heißem Rauchgas innerhalb der sichtbaren Flamme erreicht werden. Dadurch wird eine konvektive Wärmeübertragung auf die Edukte der Verbrennung bewirkt. Gemeinsam mit der zuvor beschriebenen Strahlungswärmeübertragung werden die kontinuierlich der Verbrennung zugeführten Edukte, d.h. der staubförmige Brennstoff und die aus ihm ausgetretenen flüchtigen Bestandteile, aufgeheizt. Es entsteht auf diese Weise eine kontinuierlich ablaufende Verbrennung, wobei der zugeführte Brennstoff durch Aufnahme von Wärme entgast, sich entzündet und verbrennt.

[0087] Zur Initialisierung des Pyrolyse- und Verbrennungsverfahrens muss die für die Initialisierung der einzelnen Prozessschritte notwendige Wärme zunächst durch eine andere Quelle als die der exothermen Verbrennungsreaktionen bereitgestellt werden.

[0088] Es werden daher im Folgenden im Rahmen der Erfindung liegende Verfahrensschritte zur Initialisierung des Pyrolyse- und Verbrennungsprozesses beschrieben.

35 Verfahrensschritt 4a: Zündung an heißen Oberflächen

[0089] Die Wärmemenge, die für die Initialisierung der Verfahrensschritte der Pyrolyse und der Zündung des Brennstoffs, d.h. für die Bereitstellung der Aktivierungsenergie der exothermen Reaktionen der Oxidation flüchtiger Bestandteile, notwendig ist, wird an einer geeigneten Oberfläche, an welcher die Verweilzeit zur Wärmeübertragung ausreichend ist, brennerinnenseitig innerhalb des Brenners 12 bereit gestellt. Die für die Entstehung und den Ablauf einer initialen Pyrolyse und Zündung des staubförmigen Brennstoffs, notwendige Verweilzeit zur Aufheizung kann dabei konstruktiv durch Einbauten erreicht werden, die den Brennstoff verzögern, abbremesen, ablenken oder verwirbeln. Diese Einbauten bzw. Oberflächen können die Brennstoffdüse 2 mit dem gezahnten Stabilisierungsring 9 oder ein Flammenhalter sein.

[0090] Da der Brennstoff durch die Brennstoffdüse 2 und/oder den gezahnten Stabilisierungsring 9 (auch als Flammenhalter bezeichnet) in seiner Bewegung beeinflusst wird, ist die für die einzelnen Verfahrensschritte notwendige Verweilzeit an diesem Bauteil realisiert. Es ist daher zweckmäßig, die für die oben genannten Ver-

fahrensschritte erforderliche Wärmemenge auch an dieser geeigneten Oberfläche auf den Brennstoff zu übertragen. Dies kann dadurch geschehen, dass die Brennstoffdüse 2 und/oder der Stabilisierungsring 9 elektrisch auf eine Temperatur oberhalb 200 °C aufgeheizt wird. Die Temperatur der Brennstoffdüse 2 oder des Stabilisierungsrings richtet sich dabei nach den spezifischen Anforderungen des jeweils zu pyrolysierenden und zu entzündenden Brennstoffs. Durch konvektiven Wärmeübergang, Wärmeleitung und Wärmestrahlung wird von der heißen Oberfläche eine Wärmemenge auf den Brennstoff übertragen, die ausreichend ist, um die vorstehend beschriebenen notwendigen Verfahrensschritte zu ermöglichen. Nach erfolgreicher Zündung des Brennstoffs, d.h. bei kontinuierlicher Verbrennung des zugeführten Brennstoffs, wird die Beheizung der Brennstoffdüse 2 und/oder des Stabilisierungsrings 9 und/oder der wärmeübertragenden Oberflächen des Brenners 12 beendet, da ab dann für die einzelnen Verfahrensschritte erforderliche Wärmemenge aus dem Verbrennungsprozess selbst zur Verfügung steht. Das heißt, die die erste Zünd- und/oder Wärmequelle 3' und die weitere Zünd- und/oder Wärmequellen 3 ausbildenden und/oder damit in wärmeleitender Wirkverbindung stehenden erste Heiz- und/oder Zündeinrichtung 14' und die weitere Heiz- und/oder Zündeinrichtung 14 werden abgestellt oder ausgeschaltet.

Verfahrensschritt 4b: Einsatz eines Plasmabrenner

[0091] Die Wärmemenge, die zur Erzielung der Pyrolyse des Brennstoffs und zur Aktivierung der Oxidation der Pyrolyseprodukte notwendig ist, kann auch mittels eines Plasmabrenners zur Verfügung gestellt werden. Dies erfolgt an einer Stelle, an welcher der Brennstoff eine ausreichende Verweilzeit aufweist, so dass ausreichend Wärme auf den Brennstoff übertragen werden kann. Der Einsatz einer Plasmaflamme mit dem Ziel die Verbrennung von gasförmigem oder flüssigem Brennstoff für die Zündung von festem, staubförmigem Brennstoff zu vermeiden, kann über das bloße verfügbar machen von Wärme hinausgehen, da ein Plasma besondere chemisch-physikalische Eigenschaften aufweist. Die Ausbildung eines Plasmas ist für die Initialisierung der Zündung fester, staubförmiger Brennstoffe besonders geeignet, weil die im Plasma vorhandenen Ladungsträger, nämlich Radikale, Ionen und Elektronen, die allgemein als Verbrennung bezeichneten chemischen Reaktionen auslösen können. Die Plasmaflamme wird mittels einer Lanze an geeigneter Stelle in der Nähe der Brennermündung so ausgerichtet, dass eine ausreichende Übertragung von Wärme auf den Brennstoff für die oben genannten Verfahrensschritte, die die Zuführung einer Wärmemenge voraussetzen, erzielt wird, oder der staubförmige Brennstoff direkt in Kontakt mit den im Plasma vorhandenen freien Ladungsträgern kommt, so dass die Verbrennung stattfinden kann. In einer Plasmaflamme herrschen sehr hohe Temperaturen, d.h. die im Plasma

vorhandenen Ladungsträger verfügen über eine hohe kinetische Energie, so dass eine geeignete Wärmeübertragung auf den Brennstoff zur Bewirkung der Pyrolyse und der Verbrennung von Pyrolyseprodukten stattfindet. Gleichsam stehen im Plasma Ladungsträger für Verbrennungsreaktionen mit den Bestandteilen des staubförmigen Brennstoffs zur Verfügung. Falls die anderen oben beschriebenen Bedingungen für die einzelnen Verfahrensschritte ebenfalls erfüllt sind, kann der Brennstoff auf diese Weise entzündet werden und verbrennen. Sobald die Entzündung des Brennstoffs auf diese Weise realisiert ist, wird die Zündung des Brennstoffs mit der aus der Verbrennung verfügbaren Wärme aufrechterhalten, so dass die Erzeugung des Plasmas wieder abgeschaltet werden kann.

[0092] Es ist möglich, um eine geeignete Wärmeübertragung auf den Brennstoff sicherzustellen bzw. den Brennstoff direkt mit den im Plasma vorhandenen Ladungsträgern in Kontakt zu bringen, einen Teilstrom vom Hauptstrom des Brennstoffs in einer separaten Brennstoffführenden Lanze direkt in die ausgebildete Plasmaflamme einzuleiten, so dass durch die hohen Temperaturen bzw. die im Plasma vorhandenen Ladungsträger unter der Bereitstellung von Sauerstoff beispielsweise im Brennstofftraggas in der Flamme sofort eine Verbrennung des staubförmigen Brennstoffs, also flüchtiger Bestandteile und fixen Kohlenstoffs, stattfindet. Diese Plasma gestützte Kohlenstaubflamme führt zu einer Verbrennung des Kohlenstaubs, bei der entsprechend der aus der Plasmaflamme und der Verbrennung frei werdenden Energie und den sich daraus ergebenden Temperaturen der Verbrennungsprodukte und -produkte Wärmestrahlung an die Umgebung abgegeben wird. Durch die Wärmeübertragung durch Strahlung von dieser Flamme kann dann der Hauptstrom des Brennstoffs entsprechend der zuvor genannten Verfahrensschritte am Brenner gezündet werden.

[0093] Es ist weiterhin möglich ein anderes festes, nicht brennbares, staubförmiges Material in die Plasmaflamme einzuleiten, wodurch dieses Material eine starke Temperaturerhöhung erfährt und dann entsprechend seiner Temperatur Wärmestrahlung abgibt. Eine solche Partikelflamme aus nicht brennbarem Material ist geeignet, Wärme auf den Brennstoffstrom zu übertragen, so dass die einzelnen Verfahrensschritte der Zündung ermöglicht werden.

[0094] Die Einleitung der Verfahrensschritte Pyrolyse und Verbrennung der Pyrolyseprodukte durch das Zurverfügungstellen einer ausreichenden Wärmeenergie kann dabei bei der Plasmaflamme und bei der Plasma gestützten Kohlenstaubflamme aus einem Teilstrom des Brennstoffs sowie der Partikelflamme mit nicht brennbarem Material auch mit anderen Wärmequellen, beispielsweise einer beheizten Brennstoffdüse bzw. einem beheizten Flammenhalter, kombiniert werden.

Verfahrensschritt 4c: Sonstige Wärmequellen

[0095] Es ist neben einer beheizten Oberfläche und der Ausbildung eines Plasmas außerdem möglich, eine andere Wärmequelle zu benutzen. Beispielsweise kann mittels einer geeigneten Lanze ein heißes Gas, beispielsweise Luft, mit einer Temperatur von mindestens 200°C an geeigneter Stelle eingebracht werden, so dass es zu einer ausreichenden Wärmeübertragung durch Leitung, Strahlung und Konvektion auf den Brennstoff kommt, um die Pyrolyse gasförmiger Bestandteile auszulösen. Das heiße Gas kann beispielsweise mittels einer elektrischen Heizeinrichtung aufgeheizt werden.

[0096] Zur Unterstützung der Wärmeübertragung auf den Brennstoff durch Strahlung ist es vorstellbar, Brennstaub oder nicht brennbaren Staub direkt in das heiße Gas einzuleiten.

Patentansprüche

1. Kohlenstaubbrenner (12), der ein partikelförmigen, kohlenstoffhaltigen Brennstoff in den Mündungsbereich (13) des Kohlenstaubbrenners (12) förderndes und von Mantelluft (11) umgebenes Brennstoffrohr (1) mit einer im Mündungsbereich (13) ausgebildeten Brennstoffdüse (2), die einen Stabilisierungsring (9) mit Zahnkranz (15) umfasst, der am mündungsseitigen Ende des Brennstoffrohres (1) angeordnet ist und dessen Mündungsende ausbildet, und der ein sauerstoffhaltiges Gas und/oder rezirkuliertes Rauchgas führendes zentrales, konzentrisch innerhalb des Brennstoffrohres (1) und im Zentrum des Kohlenstaubbrenners (12) angeordnetes Rohr (10) oder Kernluftrohr (7) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kohlenstaubbrenner (12) mindestens eine Zünd- und/oder Wärmequelle (3') umfasst, die brennerinnenseitig im Mündungsbereich (13) der Brennstoffdüse (2) angeordnet und als eine elektrische Heiz- und/oder Zündeinrichtung (14') ausgebildet ist oder eine solche umfasst, welche Zünd- und/oder Wärmequelle Bestandteil des Stabilisierungsrings (9) mit Zahnkranz (15) ist, und die die innerhalb des Kohlenstaubbrenners (12) für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge brennerinnenseitig, insbesondere im Bereich des sich bildenden Brennstoffzündortes, ausschließlich durch Umwandlung elektrischen Stroms in Wärmeenergie erzeugt und/oder bereitstellt.
2. Kohlenstaubbrenner nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gezahnte Stabilisierungsring (9) mit Abstand vor der Mündungsöffnung des konzentrisch innerhalb des Brennstoffrohres (1) und im Zentrum des Brenners angeordneten Rohrs (7, 10) angeordnet ist.
3. Kohlenstaubbrenner nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennstoffdüse (2) und/oder der Stabilisierungsring (9) mit Zahnkranz (15) mindestens einen von elektrischem Strom durchfließbaren Heizdraht (20) und/oder mindestens einen induktiv beheizten Bereich aufweist/aufweisen, welche(r) jeweils die innerhalb des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge erzeugt/erzeugen und bereitstellt/bereitstellen.
4. Kohlenstaubbrenner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brenner eine brennerinnenseitige Oberfläche (16, 17, 18, 19) und/oder die elektrische Heiz- und/oder Zündeinrichtung (14') eine Kontaktfläche aufweist/aufweisen oder mit einer solchen in wärmeleitender und/oder wärmeübertragender Wirkverbindung steht/steht, die beim Anfahrbetrieb des Brenners mit einer für den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung ausreichenden Verweilzeit mit dem im Brennstoffrohr (1) geförderten Brennstoff in Kontakt oder in Wirkverbindung steht/steht.
5. Kohlenstaubbrenner nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein mit der den Stabilisierungsring (9) mit Zahnkranz (15) aufweisenden Brennstoffdüse (2) in wärmeleitender und/oder wärmeübertragender Wirkverbindung stehender brennermündungsseitiger Innenoberflächenbereich des Brennstoffrohres (1) die brennerinnenseitige Oberfläche (16, 17, 18, 19) und/oder die Kontaktfläche ausbildet.
6. Kohlenstaubbrenner nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die brennerinnenseitige Oberfläche (16, 17, 18, 19) ganz oder teilweise Bestandteil der Kontaktfläche der Heiz- und/oder Zündeinrichtung (14') ist.
7. Kohlenstaubbrenner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennstoffdüse (2) im Mündungsbereich (13) mehrere aus einem Heizdraht (20) oder Widerstandsdraht gebildete Wicklungen aufweist, die die Heiz- und/oder Zündeinrichtung (14') ausbilden.
8. Kohlenstaubbrenner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennstoffdüse (2) und/oder der Stabilisierungsring (9) mit Zahnkranz (15) die elektrische Heiz- und/oder Zündeinrichtung (14') ausbilden.
9. Kohlenstaubbrenner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennstoffdüse (2) und/oder der Stabilisierungsring (9) mit Zahnkranz (15) und/oder die brennerinnenseitigen Oberflächenbereiche (16, 17, 18, 19)

ganz auf eine Temperatur von mindestens 200 °C, insbesondere von ≥ 450 °C, vorzugsweise von zwischen 600 °C - 700 °C, erwärmbar ausgebildet ist/sind.

10. Kohlenstaubbrenner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** Zünd- und/oder Wärmequellen (3, 3'), die eine Kombination der elektrischen Strom in Wärmeenergie umwandelnden Heiz- und/oder Zündeinrichtung (14') mit einer einen Lichtbogen erzeugenden oder einer Heißluft erzeugenden, weiteren Heiz- und/oder Zündeinrichtung (14) ausbilden.
11. Verfahren zur Zündung eines in einem Kohlenstaubbrenner (12) nach einem der Ansprüche 1 - 10 geförderten partikelförmigen, staubförmigen Brennstoffs, wobei der Brennstoff im Brennstoffrohr (1) zu seinem innerhalb des Kohlenstaubbrenners (12) im Bereich der Brennstoffdüse (2) sich bildenden Zündort gefördert und die beim Anfahren des Kohlenstaubbrenners (12) für die Entstehung und den Ablauf einer initialen Pyrolyse und Zündung des zur Brennermündung (13) geförderten Brennstoffs benötigte Wärmeenergiemenge ausschließlich mittels der mindestens einen im Kohlenstaubbrenner (12) angeordneten Zünd- und/oder Wärmequelle (3') in den Kohlenstaubbrenner (12) und/oder den darin geförderten Brennstoff eingetragen wird, die in Form der brennerinnenseitigen, im Mündungsbereich (13) der Brennstoffdüse (2) angeordneten Heiz- und/oder Zündeinrichtung (14') ausgebildet ist oder eine solche umfasst, deren Bestandteil der Stabilisierungsring (9) mit Zahnkranz (15) ist, wobei die benötigte Wärmeenergiemenge ausschließlich durch Umwandlung elektrischen Stroms in Wärmeenergie brennerinnenseitig erzeugt und/oder bereitgestellt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beim Anfahren des Brenners innerhalb des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge ohne Verwendung eines weiteren zusätzlichen flüssigen, gasförmigen oder festen Brennstoffs, außer des initial zu pyrolysierenden und zu zündenden Brennstoffs, erzeugt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die innerhalb des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge an einer mit einer für den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung ausreichenden Verweilzeit mit dem strömenden Brennstoff in Kontakt oder in Wirkverbindung stehenden brennerinnenseitigen Oberfläche (16, 17, 18, 19) des Brenners in den Brennstoff eingetragen wird und/oder an einer Kontaktfläche

der Heiz- und/oder Zündeinrichtung (14') brennerinnenseitig in den Brennstoff eingetragen wird, die mit einer für den Eintrag der benötigten Wärmeenergiemenge in den Brennstoff zur Erzeugung der initialen Pyrolyse und Zündung ausreichenden Verweilzeit brennerinnenseitig mit dem Brennstoff in Kontakt oder in Wirkverbindung steht, wobei die Oberfläche (16, 17, 18, 19) und/oder die Kontaktfläche von der Brennstoffdüse (2) und/oder dem Stabilisierungsring (9) mit Zahnkranz (15) gebildet wird/werden oder diese umfasst/umfassen.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 - 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennstoffdüse (2) und/oder der Stabilisierungsring (9) einen von elektrischem Strom durchfließbaren Heizdraht (20) oder einen induktiv beheizten Bereich aufweist/aufweisen, mittels welchem jeweils die innerhalb des Brenners für die Entstehung und den Ablauf der initialen Pyrolyse und Zündung benötigte Wärmeenergiemenge erzeugt und bereitgestellt wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die brennerinnenseitige Oberfläche (16, 17, 18, 19) und/oder die Kontaktfläche und/oder der Stabilisierungsring (9) mit Zahnkranz (15) und/oder ein brennermündungsseitiger Innenoberflächenbereich des Brennstoffrohrs (1) ganz mittels der Heiz- und/oder Zündeinrichtung (14, 14') auf eine Temperatur von ≥ 200 °C, insbesondere von ≥ 450 °C, vorzugsweise von zwischen 600 °C - 700 °C, erwärmt wird.

Claims

1. Coal dust burner (12), which comprises a fuel pipe (1), which transports a carbon-containing fuel in the form of particles into the mouth region (13) of the coal dust burner (12) and is surrounded by enclosing air (11), with a fuel nozzle (2), which is formed in the mouth region (13) and comprises a stabilizing ring (9) with a toothed rim (15), which is arranged at the end of the fuel pipe (1) at the mouth and forms the mouth end thereof, and which has a central pipe (10) or core-air pipe (7) carrying oxygen-containing gas and/or recirculated flue gas, arranged concentrically within the fuel pipe (1) and at the centre of the coal dust burner (12), **characterized in that** the coal dust burner (12) comprises at least one ignition and/or heat source (3') which is arranged in the burner interior in the mouth region (13) of the fuel nozzle (2) and is formed as or comprises an electrical heating and/or ignition device (14'), which ignition and/or heat source is a constituent part of the stabilizing ring (9) with a toothed rim (15), and which generates and/or provides the amount of thermal energy required within the coal dust burner (12) for the origi-

- nation and execution of the initial pyrolysis and ignition in the burner interior, in particular in the region of the fuel ignition site forming, exclusively by conversion of electric current into thermal energy.
2. Coal dust burner according to Claim 1, **characterized in that** the toothed stabilizing ring (9) is arranged at a distance in front of the mouth opening of the pipe (7, 10) arranged concentrically within the fuel pipe (1) and at the center of the burner. 5
 3. Coal dust burner according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the fuel nozzle (2) and/or the stabilizing ring (9) with a toothed rim (15) has/have at least one heating wire (20) through which electric current can flow and/or at least one inductively heated region, which respectively generate(s) and provide(s) the amount of thermal energy required within the burner for the origination and execution of the initial pyrolysis and ignition. 10 15
 4. Coal dust burner according to one of the preceding claims, **characterized in that** the burner has a surface (16, 17, 18, 19) in the burner interior and/or the electrical heating and/or ignition device (14') has a contact surface, or said burner and/or device is/are in heat-conducting and/or heat-transferring operative connection with such a surface, which during the starting-up operation of the burner is/are in contact or in operative connection with the fuel transported in the fuel pipe (1) with a dwell time sufficient for the execution of the initial pyrolysis and ignition. 20 25 30
 5. Coal dust burner according to Claim 4, **characterized in that** an inner surface region of the fuel pipe (1) at the burner mouth that is in heat-conducting and/or heat-transferring operative connection with the fuel nozzle (2) having the stabilizing ring (9) with a toothed rim (15) forms the surface (16, 17, 18, 19) in the burner interior and/or the contact surface. 35 40
 6. Coal dust burner according to Claim 4 or 5, **characterized in that** the surface (16, 17, 18, 19) in the burner interior is entirely or partially a constituent part of the contact surface of the heating and/or ignition device (14'). 45
 7. Coal dust burner according to one of the preceding claims, **characterized in that** the fuel nozzle (2) has in the mouth region (13) a number of windings formed by a heating wire (20) or resistance wire, which form the heating and/or ignition device (14'). 50
 8. Coal dust burner according to one of the preceding claims, **characterized in that** the fuel nozzle (2) and/or the stabilizing ring (9) with a toothed rim (15) form the electrical heating and/or ignition device (14'). 55
 9. Coal dust burner according to one of the preceding claims, **characterized in that** the fuel nozzle (2) and/or the stabilizing ring (9) with a toothed rim (15) and/or the surface regions (16, 17, 18, 19) in the burner interior is/are formed as entirely heatable to a temperature of at least 200°C, in particular of $\geq 450^\circ\text{C}$, preferably of between 600°C and 700°C.
 10. Coal dust burner according to one of the preceding claims, **characterized by** ignition and/or heat sources (3, 3') which form a combination of the heating and/or ignition device (14') converting electric current into thermal energy with a further heating and/or ignition device (14) producing an arc or producing hot air.
 11. Method for igniting a fuel in the form of particles, in the form of dust, which is transported in a coal dust burner (12) according to one of Claims 1 - 10, wherein the fuel is transported in the fuel pipe (1) to its ignition site, forming within the coal dust burner (12) in the region of the fuel nozzle (2), and the amount of thermal energy required for the origination and execution of an initial pyrolysis and ignition of the fuel transported to the burner mouth (13) during the starting up of the coal dust burner (12) is input into the coal dust burner (12) and/or the fuel transported therein exclusively by means of the at least one ignition and/or heat source (3') arranged in the coal dust burner (12), which heat source (3') takes the form of the heating and/or ignition device (14') which is in the burner interior and arranged in the mouth region (13) of the fuel nozzle (2), or comprises such a heating and/or ignition device (14'), a constituent part of which is the stabilizing ring (9) with a toothed rim (15), wherein the required amount of thermal energy is generated and/or provided in the burner interior exclusively by conversion of electric current into thermal energy.
 12. Method according to Claim 11, **characterized in that** the amount of thermal energy required when starting up the burner within the burner for the origination and execution of the initial pyrolysis and ignition is generated without the use of a further additional liquid, gaseous or solid fuel apart from the fuel initially to be pyrolyzed and ignited.
 13. Method according to Claim 11 or 12, **characterized in that** the amount of thermal energy required within the burner for the origination and execution of the initial pyrolysis and ignition is input into the fuel at a surface (16, 17, 18, 19) in the burner interior of the burner that is in contact or in operative connection with the flowing fuel with a dwell time sufficient for the execution of the initial pyrolysis and ignition and/or is input into the fuel at a contact surface of the heating and/or ignition device (14') in the burner

interior that is in contact or in operative connection with the fuel in the burner interior with a dwell time sufficient for the input of the required amount of thermal energy into the fuel to produce the initial pyrolysis and ignition, wherein the surface (16, 17, 18, 19) and/or the contact surface is/are formed by or comprise(s) the fuel nozzle (2) and/or the stabilizing ring (9) with a toothed rim (15).

14. Method according to one of Claims 11 - 13, **characterized in that** the fuel nozzle (2) and/or the stabilizing ring (9) has/have a heating wire (20) through which electric current can flow or an inductively heated region, by means of which the amount of thermal energy required within the burner for the origination and execution of the initial pyrolysis and ignition is respectively generated and provided.
15. Method according to either of Claims 13 and 14, **characterized in that** the surface (16, 17, 18, 19) in the burner interior and/or the contact surface and/or the stabilizing ring (9) with a toothed rim (15) and/or an inner surface region of the fuel pipe (1) at the burner mouth is entirely heated by means of the heating and/or ignition device (14, 14') to a temperature of $\geq 200^{\circ}\text{C}$, in particular of $\geq 450^{\circ}\text{C}$, preferably of between 600°C and 700°C .

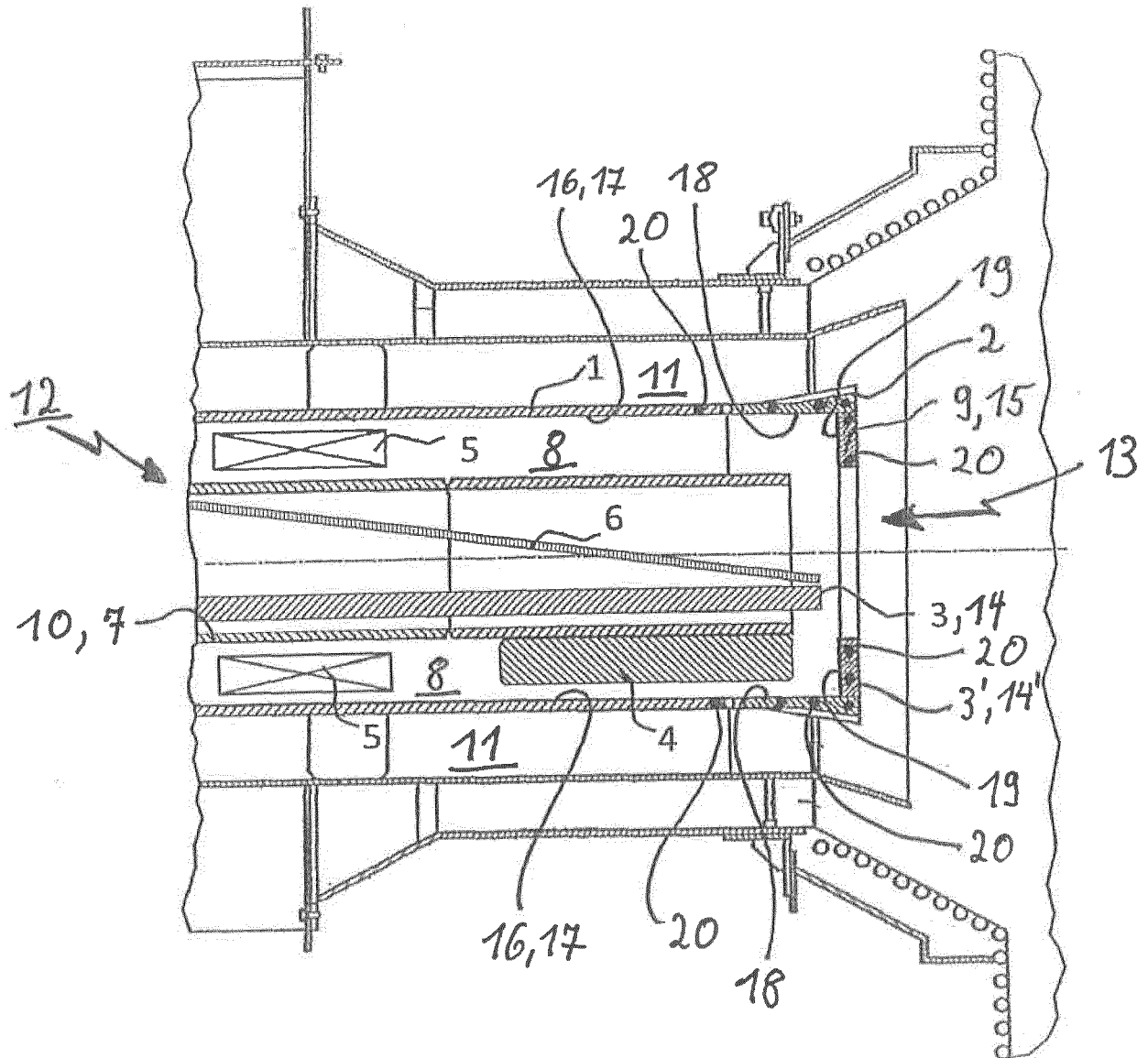
Revendications

1. Brûleur (12) à charbon pulvérisé, qui comprend un tuyau (2) d'alimentation en carburant, refoulant un combustible particulaire contenant du charbon dans la zone de sortie (13) du brûleur (12) à charbon pulvérisé, et entouré par une chemise d'air (11), tuyau qui comprend un gicleur (2) de combustible, réalisé dans la zone de sortie (13), gicleur qui comprend une bague de stabilisation (9) pourvue d'une couronne dentée (15), qui est disposée à l'extrémité côté sortie du tuyau (1) d'alimentation en combustible et en forme l'extrémité de sortie, et qui présente un tuyau (10) ou un tuyau d'air central (7), en position centrale, refoulant un gaz oxygéné et/ou des fumées recirculées, et disposé d'une manière concentrique à l'intérieur du tuyau (1) d'alimentation en combustible et au centre du brûleur (12) à charbon pulvérisé, **caractérisé en ce que** le brûleur (12) à charbon pulvérisé comprend au moins une source d'allumage et/ou de chaleur (3'), qui est disposée, côté intérieur du brûleur, dans la zone de sortie (13) du gicleur (2) de combustible, et est configurée sous forme d'un dispositif électrique de chauffage et/ou d'allumage (14'), ou comprend un tel dispositif, laquelle source d'allumage et/ou de chaleur étant un constituant de la bague de stabilisation (9) comportant une couronne dentée (15), et qui produit et/ou fournit la quantité d'énergie thermique nécessaire à l'intérieur du brû-

leur (12) à charbon pulvérisé pour la création et le déroulement de la pyrolyse et de l'allumage initiaux, côté intérieur du brûleur, en particulier dans la zone du point d'allumage du combustible qui se forme, et ce, exclusivement par conversion d'un courant électrique en énergie thermique.

2. Brûleur à charbon pulvérisé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la bague de stabilisation dentée (9) est disposée à une certaine distance en avant de l'orifice de sortie du tube (7, 10), disposée d'une manière concentrique à l'intérieur du tube (1) d'alimentation en combustible et au centre du brûleur.
3. Brûleur à charbon pulvérisé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le gicleur (2) de combustible et/ou la bague de stabilisation (9) comportant une couronne dentée (15) présentent au moins un fil de chauffage (20) pouvant être parcouru par un courant électrique et/ou au moins une zone chauffée par induction, dont chacun produit et fournit la quantité d'énergie thermique nécessaire à l'intérieur du brûleur pour la création et au déroulement de la pyrolyse et de l'allumage initiaux.
4. Brûleur à charbon pulvérisé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le brûleur présente une surface (16, 17, 18, 19) côté intérieur du brûleur et/ou le dispositif électrique de chauffage et/ou d'allumage (14') une surface de contact, ou sont en liaison active, à effet de conduction de chaleur et/ou de transfert de chaleur, telle qu'elle assure, lors de l'opération de démarrage du brûleur, et avec un temps de séjour suffisant pour le déroulement de la pyrolyse et de l'allumage initiaux, un contact ou une liaison active avec le combustible refoulé dans le tuyau (1) d'alimentation en combustible.
5. Brûleur à charbon pulvérisé selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'**une zone de surface intérieure du tuyau (1) d'alimentation en combustible, côté sortie du brûleur, en liaison active, avec effet de conduction de chaleur et/ou de transfert de chaleur, avec le gicleur (2) de combustible présentant la bague de stabilisation (9) comportant la couronne dentée (15), réalise la surface (16, 17, 18, 19) et/ou la surface de contact côté intérieur du brûleur.
6. Brûleur à charbon pulvérisé selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** la surface (16, 17, 18, 19) côté intérieur du brûleur est en totalité ou en partie un constituant de la surface de contact du dispositif de chauffage et/ou d'allumage (14').
7. Brûleur à charbon pulvérisé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le gi-

- cleur (2) de combustible présente dans la zone de sortie (13) plusieurs enroulements, formés d'un fil de chauffage (20) ou d'un fil résistant, qui forment le dispositif de chauffage et d'allumage (14').
8. Brûleur à charbon pulvérisé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le gicleur (2) de combustible et/ou la bague de stabilisation (9) comportant une couronne dentée (15) forment le dispositif électrique de chauffage et/ou d'allumage (14').
 9. Brûleur à charbon pulvérisé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le gicleur (2) de combustible et/ou la bague de stabilisation (9) comportant une couronne dentée (15) et/ou les zones de surface (16, 17, 18, 19) côté intérieur du brûleur sont configurés de façon à pouvoir être totalement chauffés à une température d'au moins 200°C, en particulier $\geq 450^{\circ}\text{C}$, de préférence comprise entre 600°C et 700°C.
 10. Brûleur à charbon pulvérisé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par** des sources d'allumage et/ou de chaleur (3, 3'), qui forment une combinaison du dispositif de chauffage et/ou d'allumage (14') qui convertit le courant électrique en énergie thermique, avec un dispositif de chauffage et/ou d'allumage supplémentaire (14), qui produit un arc électrique et/ou un air chaud.
 11. Procédé pour allumer un combustible pulvérulent particulaire, refoulé dans un brûleur (12) à charbon pulvérisé selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel le combustible est refoulé dans le tuyau (1) d'alimentation en combustible jusqu'à son point d'allumage, qui se forme à l'intérieur du brûleur (12) à charbon pulvérisé dans la zone du gicleur (2) de combustible, et la quantité d'énergie thermique nécessaire, lors du démarrage du brûleur (12) à charbon pulvérisé, pour la création et au déroulement d'une pyrolyse et d'un allumage initiaux du combustible refoulé vers la sortie (13) du brûleur, est amenée dans le brûleur (12) à charbon pulvérisé et/ou dans le combustible qui y est refoulé, exclusivement à l'aide de l'au moins une source d'allumage et/ou de chaleur (3') disposée dans le brûleur (12) à charbon pulvérisé, source qui est configurée sous la forme du dispositif de chauffage et/ou d'allumage (14') côté intérieur du brûleur, disposé dans la zone de sortie (13) du gicleur (2) de combustible, ou comprend un tel dispositif, dont le constituant est la bague de stabilisation (9) comportant la couronne dentée (15), la quantité d'énergie thermique nécessaire étant produite et/ou fournie côté intérieur du brûleur, exclusivement par la conversion du courant électrique en énergie thermique.
 12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** la quantité d'énergie thermique nécessaire, lors du démarrage du brûleur, à l'intérieur du brûleur, pour la création et le déroulement de la pyrolyse et de l'allumage initiaux, est produite sans utilisation d'un autre combustible supplémentaire liquide, gazeux ou solide, à l'exception du combustible devant initialement être pyrolysé et allumé.
 13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, **caractérisé en ce que** la quantité d'énergie thermique nécessaire à l'intérieur du brûleur pour la création et le déroulement de la pyrolyse et de l'allumage initiaux est amenée dans le combustible sur une surface (16, 17, 18, 19) du brûleur, côté intérieur du brûleur, se trouvant pendant un temps de séjour suffisant pour le déroulement de la pyrolyse et l'allumage initiaux en contact ou en liaison active avec le combustible en écoulement, et/ou est amenée dans le combustible côté intérieur du brûleur sur une surface de contact du dispositif de chauffage et/ou d'allumage (14'), qui, côté intérieur du brûleur, avec un temps de séjour suffisant pour l'amenée, dans le brûleur, de la quantité d'énergie de chaleur nécessaire pour produire la pyrolyse et l'allumage initiaux, est en contact ou en liaison active avec le combustible, la surface (16, 17, 18, 19) et/ou la surface de contact étant formées par le gicleur (2) de combustible et/ou par la bague de stabilisation (9) comportant la couronne dentée (15), ou les comprenant.
 14. Procédé selon l'une des revendications 11 à 13, **caractérisé en ce que** le gicleur (2) de combustible et/ou la bague de stabilisation (9) comprennent un fil chauffant (20) pouvant être parcouru par un courant électrique, ou une zone chauffée par chauffage par induction, à l'aide de chacun desquels est produite et fournie la quantité d'énergie thermique nécessaire à l'intérieur du brûleur pour la création et le déroulement de la pyrolyse et de l'allumage initiaux.
 15. Procédé selon l'une des revendications 13 ou 14, **caractérisé en ce que** la surface (16, 17, 18, 19) côté intérieur du brûleur et/ou la surface de contact et/ou la bague de stabilisation (9) comportant la couronne dentée (15) et/ou une zone de surface intérieure, côté sortie du brûleur, du tuyau (1) d'alimentation en combustible, sont en totalité chauffées à l'aide du dispositif de chauffage et/ou d'allumage (14, 14') à une température $\geq 200^{\circ}\text{C}$, en particulier $\geq 450^{\circ}\text{C}$, de préférence comprise entre 600°C et 700°C.



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 3327983 A1 [0006]
- DD 240245 A1 [0007]
- DD 270576 A1 [0008]
- DE 202007019416 U1 [0008]