

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 0 853 215 A2

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
15.07.1998 Patentblatt 1998/29

(21) Anmeldenummer: 98105588.2

(22) Anmeldetag: 15.03.1995

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **F23C 7/02**, F23C 6/04,  
F23M 5/08, F23M 11/00,  
F23G 5/32, F23G 5/46

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT CH DE ES FR GB IT LI NL SE**

(30) Priorität: 23.03.1994 DE 4409951

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)  
nach Art. 76 EPÜ:  
**95103739.9 / 0 674 134**

(71) Anmelder:  
**AWG Abfallwirtschaftsgesellschaft  
mit beschränkter Haftung Wuppertal  
D-42349 Wuppertal (DE)**

(72) Erfinder:  
**Temelli, Sedat, Dipl.-Ing.  
40699 Erkrath (DE)**

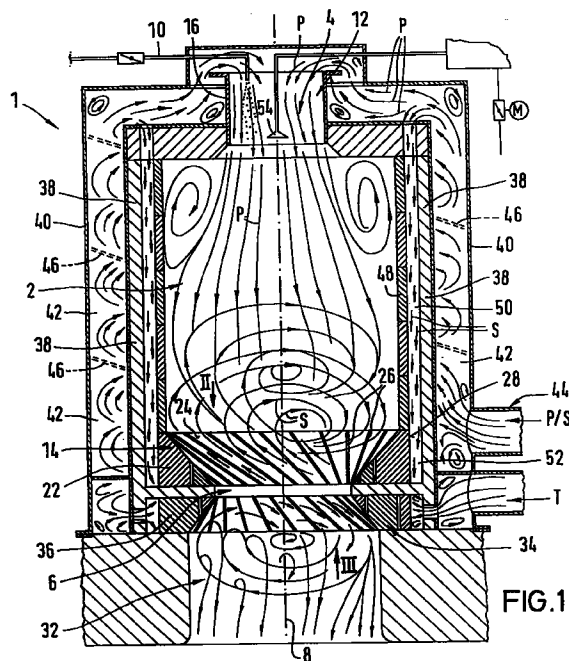
(74) Vertreter:  
**Patentanwälte  
Dr. Solf & Zapf  
Postfach 13 01 13  
42028 Wuppertal (DE)**

Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 27 - 03 - 1998 als  
Teilanmeldung zu der unter INID-Kode 62  
erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(54) **Vorrichtung zum Verbrennen von staubförmigen Materialien**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft Vorrichtung zum Verbrennen von staubförmigen Materialien, insbesondere von mit Schadstoffen kontaminiertem Aktivkohle-Staub und dergleichen, mit einer Brennkammer (2) mit einer einseitigen Einlaßöffnung (4) für das zu verbrennende Material und einer der Einlaßöffnung (4) gegenüberliegenden Auslaßöffnung (6) für durch die Verbrennung entstehende Rauchgase. Im Bereich der Einlaßöffnung (4) ist eine Einrichtung (12) zum Einführen von sich mit dem zu verbrennenden Material vermischender Primärluft (P) sowie im Bereich der Auslaßöffnung (6) eine Einrichtung (14) zum Einführen von Sekundärluft (S) derart vorgesehen, daß die Sekundärluft (S) einerseits der Primärluft (P) entgegen in Richtung der Einlaßöffnung (4) strömt und dabei andererseits in eine Drallströmung um eine durch Ein- und Auslaßöffnung (4, 6) verlaufende Brennkammer-Achse (8) versetzt wird.



EP 0 853 215 A2

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Verbrennen von staubförmigen Materialien, insbesondere von mit Schadstoffen kontaminiertem Aktivkohle-Staub aus Filteranlagen, Klärschlamm-Staub und dergleichen, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Es fallen heute in vielen Bereichen Materialien an, die sehr stark mit äußerst gesundheitsgefährdenden, toxischen Schadstoffen kontaminiert sind. Dies ist beispielsweise bei Klärschlamm aus Kläranlagen der Fall, aber auch vor allem bei Filteranlagen, in denen Schadstoffe durch Aktivkohle-Adsorber abgeschieden werden. Solche Aktivkohle-Adsorber finden Einsatz bei der Abscheidung von Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ; sog. Entstickung), Schwefeloxiden ( $\text{SO}_x$ ), Stäuben, Kohlenwasserstoffen bis hin zu Dioxinen und Furanen. Bei  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  und Stäuben werden sie oft als "Polizei-Filter" hinter Abscheideeinrichtungen anderer Bauart (z.B. Katalysatoren oder Elektroabscheider) eingesetzt. Für die Entstickung finden in der Regel Steinkohlenaktivkokse (SAK), für die übrigen Stoffe bzw. Verbindungen in der Regel Braunkohlenkokse (Herdofen-Aktivkohle HOK) Anwendung.

Für PCB, PCT, Dioxine und Furane, die vor allem in Rauchgasen von Müllverbrennungsanlagen auftreten, sind solche Aktivkohlefilter derzeit die einzige gesicherte Abscheidemöglichkeit. Denn die durch gesetzliche Bestimmungen (insbesondere Bundes-Immissionsschutzgesetz) z.T. extrem niedrig vorgegebenen Schadstoff-Grenzwerte können allein durch feuerungstechnische Maßnahmen kaum erreicht werden. So müssen insbesondere für Dioxine und Furane Emissions-Grenzwerte von  $< 0,1 \text{ ng/m}^3$  eingehalten werden. Auch bezüglich anderer Schadstoffe (z.B. Schwermetalle, polychlorierte Biphenyle (PCB), polychlorierte Terphenyle (PCT) als Vorläufersubstanzen von Dioxinen und Furanen) gibt es ähnlich niedrige Grenzwerte.

Nun stellt natürlich die Entsorgung solcher mit Schadstoffen belasteter Materialien ein großes Problem dar. Zur sicheren Zerstörung der toxischen Stoffe und Verbindungen kommt in der Regel nur eine Verbrennung in Frage, allerdings erfordern manche Schadstoffe, wie insbesondere Dioxine, Verbrennungsbedingungen, die bislang noch nicht oder nur mit äußerst großem technischen Aufwand beherrschbar sind. So ist zur Zerstörung von schädlichen organischen Verbindungen eine Verbrennungstemperatur von jedenfalls mehr als  $850^\circ \text{C}$  bei einer Verweilzeit von mindestens zwei Sekunden erforderlich. Der Gesetzgeber fordert bei Sondermüllverbrennungsanlagen sogar ein Temperaturniveau von über  $1200^\circ \text{C}$  bei zwei Sekunden Verweildauer.

Eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs 1 ist aus der DE-B-1 024 191 bekannt. Dieses Dokument beschreibt eine "Zyklonfeuerung", wobei ein Brennstoff-(Brennstaub-)Luft-Gemisch über Eintrittsslitze mit Drall (Drehbewegung)

in eine Zyklonmuffel eingeführt wird.

Ferner wird über Schlitze Verbrennungsluft (Primärluft) ebenfalls mit Drall eingeführt, und zwar mit gleichem Drehsinn wie das Brennstaub-Luft-Gemisch. Auf der Seite der gegenüberliegenden Austrittsöffnung sind Austrittsslitze für Zweitluft (Sekundärluft) derart angeordnet, daß die Zweitluft ebenfalls mit Drall einströmt, und zwar in die dem Brennstaub-Luft-Gemisch entgegengesetzte Richtung des gegenüberliegenden Einlasses und dabei entweder mit gleichem oder mit umgekehrtem Drehsinn wie das Brennstaub-Luft-Gemisch. Mit dieser Ausgestaltung der bekannten Feuerung soll zwar eine verbesserte Verbrennung durch vollständigere Kontaktierung des Brennstoffes mit Luft erreicht werden, allerdings ist die spezielle Problematik der Verbrennung von mit besonderen Schadstoffen belasteten Stoffen (Stäuben) nicht angesprochen.

Die EP-A-0 409 037 beschreibt eine insofern andere Brennkammer, als dabei keine Gegenströmung von Primär- und Sekundärluft, sondern nur gleichgerichtete, sich in Richtung eines Ausganges bewegendes Drallströmungen beschrieben sind. Zudem beschäftigt sich auch diese Druckschrift nicht mit dem speziellen Problem der thermischen Zerstörung von Schadstoffen. Diese Druckschrift beschreibt eine zunächst unterstöchiometrische Verbrennung mit Primär- und Sekundärluft sowie eine anschließende vollständige Verbrennung mittels durch Tertiärluft erreichtem Luftüberschuß, jedoch muß die unterstöchiometrische Verbrennung gemäß der Gesamtoffenbarung dieser Druckschrift offensichtlich mit einem äußerst gravierenden Luftmangel ( $\lambda \ll 1$ ) erfolgen, weil die Temperatur "unterhalb des Ascheerweichungspunktes" bleiben soll, also unterhalb von  $1100^\circ \text{C}$ . Somit handelt es sich um eine relativ geringere Temperatur als bei der anschließenden vollständigen Verbrennung.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Verbrennen von solchen kontaminierten Materialien zu schaffen, womit bei konstruktiv einfachem sowie kompaktem Aufbau die speziellen, zur sicheren Schadstoff-Zerstörung erforderlichen Verbrennungsbedingungen auf einfache Weise beherrschbar sind. Dabei soll sich die Verbrennungsvorrichtung vorzugsweise für einen kontinuierlichen Material-Durchsatz eignen, so daß auch ein wirtschaftlicher Betrieb insbesondere in direkter Kombination mit solchen Einrichtungen möglich ist, in denen die kontaminierten Materialien anfallen.

Erfindungsgemäß wird dies durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 erreicht. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen enthalten.

Die erfindungsgemäße Verbrennungs-Vorrichtung weist eine Brennkammer mit einer einseitigen Einlaßöffnung für das zu verbrennende Material und einer der Einlaßöffnung gegenüberliegenden Auslaßöffnung für durch die Verbrennung entstehende Rauchgase auf,

wobei im Bereich der Einlaßöffnung eine Einrichtung zum Einführen von sich mit dem zu verbrennenden, staubförmigen Material vermischender Primärluft sowie im Bereich der Auslaßöffnung eine Einrichtung zum Einführen von Sekundärluft derart vorgesehen sind, daß die Sekundärluft einerseits der Primärluft entgegen in Richtung der Einlaßöffnung strömt und dabei andererseits in eine Drallströmung um eine durch Ein- und Auslaßöffnung verlaufende Brennkammer-Achse versetzt wird. Gemäß der Erfindung schließt sich an die Auslaßöffnung eine Nachverbrennungszone an, in die dann - zusätzlich zu der Primär- und Sekundärluft - Tertiärluft eingeführt wird.

Die Anordnung der Einlaßöffnung und der - in Strömungsrichtung bzw. in Durchsatzrichtung gesehen - gegenüberliegenden Auslaßöffnung mit anschließender Nachverbrennungszone ermöglicht einen kontinuierlichen, stetig durchlaufenden Verbrennungsvorgang, wobei aber aufgrund der Aufteilung der Verbrennungsluft und dabei der Gegendrallströmung der Sekundärluft die Verweilzeit des Materials bzw. des Staub-Luft-Gemisches hinreichend lang ist, zumal auch durch sehr intensive Verwirbelung und Vermischung, d.h. durch Bildung eines praktisch über den gesamten Brennweg hinweg homogenen Gemisches, eine außerordentlich hohe Brenntemperatur von 1200° bis 2000° C oder sogar höher erreicht werden kann. Die erreichte Erhöhung der Verweilzeit führt zu dem Vorteil, daß die Brennkammer relativ kurz und damit die erfindungsgemäße Vorrichtung insgesamt sehr kompakt ausgebildet sein kann.

Vorteilhafterweise läßt sich die Verbrennung durch dosiertes Zuführen der Primär-, Sekundär- und Tertiärluft so steuern, daß insgesamt zumindest annähernd eine stöchiometrische Verbrennung erreicht wird. Dies bedeutet, daß die sogenannte Luftüberschußzahl  $\lambda$  zumindest annähernd gleich 1 ist. Aus Sicherheitsgründen - um stets eine vollständige Verbrennung gewährleisten zu können - liegt  $\lambda$  erfindungsgemäß in der Größenordnung von etwa 1,02. Dieser äußerst geringe Luftüberschuß ist insofern von entscheidendem Vorteil, als eine Feuertemperaturabsenkung durch zu großen Luftüberschuß vermieden wird, d.h. die Brenntemperatur kann sehr hoch und auch dauerhaft gehalten werden. Dabei ist eine vollständige Verbrennung mit thermischer Zerstörung aller in der Praxis vorkommender Schadstoffe, so insbesondere auch von Dioxinen, gewährleistet. In diesem Zusammenhang bedeutet der Begriff "vollständige Verbrennung", daß durch die Erfindung in dem Rauchgas nur noch ein außerordentlich geringer Anteil an unverbrannten Stoffen, und zwar < 0,1%, enthalten ist. Der hier üblicherweise geforderte Grenzwert von maximal 5% Unverbranntem wird somit vorteilhafterweise weit unterschritten. Ferner wird durch die vorzugsweise nah-stöchiometrische Verbrennung auch eine Neubildung von Dioxinen und dergleichen vorteilhafterweise vermieden, weil für derartige Reaktionen wegen des geringen Luftüberschusses von ins-

besondere etwa 2% nicht genug Sauerstoff zur Verfügung steht.

Durch die erfindungsgemäße Verwirbelung und die damit erreichte Homogenität des Staub-Luft-Gemisches wird zudem auch eine sehr stabile Flamme erreicht (Flammen-Stabilisierung), d.h. ein "Abreißen" der Flamme wird vorteilhafterweise vermieden. Daher reicht es vorteilhafterweise aus, im Bereich der Einlaßöffnung einen sogenannten Zünd- und Stützbrenner anzuordnen, der in der Regel nur zum erstmaligen Zünden der Verbrennung "eingeschaltet" wird, dann aber während des weiteren Betriebes ausgeschaltet werden kann, weil sich die Verbrennung selbst stabilisiert. Allerdings kann es vorteilhaft sein, den Zünd- und Stützbrenner von einer Steuerung automatisch so zu steuern, daß im Falle einer Unregelmäßigkeit der innerhalb der Brennkammer ablaufenden Verbrennung der Zünd- und Stützbrenner automatisch für eine bestimmte Zeit eingeschaltet wird.

Durch die in der Nachverbrennungszone zugeführte Tertiärluft kann innerhalb der Brennkammer unterstöchiometrisch verbrannt werden, wobei dann insgesamt, d.h. durch Primär-, Sekundär- und Tertiärluft, vorzugsweise eine etwa stöchiometrische Verbrennung mit  $\lambda \approx 1,02$  erreicht wird. Die unterstöchiometrische Verbrennung in der Brennkammer führt zu einer höheren Verbrennungstemperatur und dadurch zu einer noch sichereren Beseitigung der Schadstoffe, insbesondere Dioxine. Die durch Zuführen von Tertiärluft bewirkte Nachverbrennung führt praktisch zu einer Vervollständigung der Verbrennung derart, daß insgesamt die beabsichtigte vollständige Verbrennung erreicht wird.

Es ist aber an dieser Stelle zu erwähnen, daß grundsätzlich auch insgesamt überstöchiometrisch, z.B. mit  $\lambda \approx 1,9$ , verbrannt werden kann, beispielsweise wenn eine geringere Temperatur von z.B. etwa 1200° C erreicht werden soll. Dabei wird aber ebenfalls eine sehr stabile Verbrennung aufgrund der Homogenität des Gemisches erreicht.

Es ist zudem besonders vorteilhaft, wenn auch die Primärluft in eine Drallströmung versetzt wird, wobei die Drallrichtungen von Primärluft und Sekundärluft einander entgegengesetzt gerichtet sind. Vorzugsweise wird auch die Tertiärluft in eine Drallströmung versetzt; hierbei sind dann die Drallrichtungen von Sekundärluft und Tertiärluft einander entgegengerichtet. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung somit um einen "Mehrstufen-Gegendrallbrenner". Vor allem bei dieser Ausführungsform wird das Verweilzeitspektrum des zu verbrennenden Materials erheblich erhöht. Das über den gesamten Brennweg praktisch völlig homogene Staub-Luft-Gemisch kann fast ohne Luftüberschuß ( $\lambda = 1$ ) verbrannt werden. Hierbei ist es bemerkenswert, daß ein Regelbereich von 1 : 20 erreicht werden kann, ohne die Stabilität der Flamme zu beeinflussen. Dies bedeutet, daß eine optimale, vollständige Verbrennung über

einen Regelbereich von Vollast bis zu 1/20 der Vollast gewährleistet werden kann. Ist die Vorrichtung beispielsweise für 1000 kg Vollast ausgelegt, so kann auch noch bei 1/20, d.h. 50 kg, eine vollständige, optimale Verbrennung erreicht werden, und dies sogar noch bei einer Temperatur von etwa 1800° C.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsmerkmale der Erfindung werden in der folgenden Beschreibung noch genauer erläutert werden.

Anhand von bevorzugten, in der Zeichnung veranschaulichten Ausführungs- und Anwendungsbeispielen einer erfindungsgemäßen Vorrichtung soll im folgenden die Erfindung näher erläutert werden. Dabei zeigen:

- Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine erfindungsgemäße Verbrenn-Vorrichtung in einer ersten Ausführungsform,
- Fig. 2 eine Teilansicht in Pfeilrichtung II gemäß Fig. 1 (vgl. auch Fig. 4),
- Fig. 3 eine Teilansicht in Pfeilrichtung III gemäß Fig. 1 (vgl. auch Fig. 4),
- Fig. 4 einen Längsschnitt analog zu Fig. 1, jedoch in einer besonders vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung,
- Fig. 5 einen Teilbereich der Vorrichtung im Querschnitt in der Schnittebene V-V gemäß Fig. 4,
- Fig. 6 eine vereinfachte Prinzipdarstellung einer mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgestatteten Müllverbrennungsanlage und
- Fig. 7 eine blockschaltbildartige Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit dieser vorgeordneten Zusatzkomponenten zur Aufbereitung und zum Transport des zu verbrennenden Materials.

In den verschiedenen Figuren der Zeichnung sind gleiche Teile stets mit den gleichen Bezugszeichen versehen, so daß jede eventuell nur einmal vorkommende Beschreibung eines Teils analog auch bezüglich der anderen Zeichnungsfiguren gilt, in denen dieses Teil mit dem entsprechenden Bezugszeichen ebenfalls zu erkennen ist.

Wie sich zunächst aus Fig. 1 ergibt, besteht eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 zum Verbrennen von staubförmigen Materialien hauptsächlich aus einer Brennkammer 2 mit einer einseitigen Einlaßöffnung 4 für das zu verbrennende Material und auch für zugeführte Verbrennungsluft sowie mit einer der Einlaßöffnung 4 in Durchsatzrichtung gegenüberliegenden Auslaßöffnung 6 für durch die Verbrennung entstehende Rauchgase. Die Ein- und Auslaßöffnungen 4, 6

sind bevorzugt koaxial zueinander angeordnet, d.h. eine Brennkammer-Achse 8 verläuft jeweils insbesondere zentrisch durch die Ein- und Auslaßöffnungen 4, 6.

Das zu verbrennende Material wird in Staubform, d.h. in gemahlenem Zustand, über eine Rohrleitung 10 zugeführt, wobei diese Rohrleitung 10 im Bereich der Einlaßöffnung 4 mündet. Zum Zwecke des Transportes des staubförmigen Materials ist diesem ein bestimmter Prozentsatz Tragluft beigefügt, so daß aus der Rohrleitung 10 bereits ein Staub-Luft-Gemisch austritt. Diesem Gemisch wird jedoch zusätzliche Verbrennungsluft zugeführt.

Die Verbrennungsluft ist zunächst in Primärluft P und Sekundärluft S aufgeteilt, wobei im Bereich der Einlaßöffnung 4 eine Einrichtung 12 zum Einführen der sich mit dem zu verbrennenden Material vermischenden Primärluft P sowie im Bereich der Auslaßöffnung 6 eine Einrichtung 14 zum Einführen der Sekundärluft S derart vorgesehen sind, daß die Sekundärluft S einerseits der Primärluft P bzw. dem hieraus resultierenden Staub-Luft-Gemisch entgegen in Richtung der Einlaßöffnung 4 strömt und dabei andererseits in eine Drallströmung um die Brennkammer-Achse 8 versetzt wird. Durch diese in Fig. 1 sowie auch in Fig. 4 anhand von Strömungslinien veranschaulichte Drallströmung der Sekundärluft S wird eine Erhöhung der Verweilzeit des brennbaren Gemisches innerhalb der Brennkammer 2 erreicht sowie auch eine derart intensive Verwirbelung und Vermischung, daß ein nahezu homogenes Brenngemisch erzeugt wird. Hieraus resultieren optimale Verbrennungsbedingungen.

In der Ausführungsform nach Fig. 1 ist die Einrichtung 12 zum Einführen der Primärluft P lediglich in Form eines kurzen, vorzugsweise zylindrischen, gleichzeitig die Einlaßöffnung 4 bildenden Rohrstückes 16 derart ausgebildet, daß die Primärluft P unter Mitnahme des zu verbrennenden Materials zunächst im wesentlichen geradlinig, d.h. als etwa homogene Strömung, durch die Einlaßöffnung 4 in Richtung der Auslaßöffnung 6 eingeblasen wird. Innerhalb der Brennkammer 2 wird das Brenngemisch dann durch die entgegengerichtete Drallströmung der Sekundärluft S intensiv verwirbelt.

Im Falle der besonders vorteilhaften Ausführungsform nach Fig. 4 ist demgegenüber die Einrichtung 12 zum Einführen der Primärluft P derart ausgebildet, daß die Primärluft P unter Mitnahme des zu verbrennenden Materials einerseits der Sekundärluft S entgegen in Richtung der Auslaßöffnung 6 strömt und dabei andererseits ebenfalls in eine Drallströmung um die Brennkammer-Achse 8 versetzt wird. Hierbei ist erfindungsgemäß die Drallrichtung der Primärluft P bzw. des Staub-Luft-Gemisches der Drallrichtung der Sekundärluft S entgegengesetzt. Durch diese besonders vorteilhafte Maßnahme wird eine außerordentlich intensive Durchmischung und daher ein praktisch absolut homogenes Brenngemisch erreicht. Hieraus resultiert eine zur thermischen Zerstörung von Schadstoffen genügend lange Verweilzeit sowie auch eine außerordentlich

hohe Verbrennungstemperatur von jedenfalls mehr als 1200°, insbesondere etwa 1800 bis 2000° C. Es kann eine praktisch stöchiometrische Verbrennung mit einem außerordentlich geringen Luftüberschuß ( $\lambda \approx 1,02$ ) erreicht werden.

Wie sich nun aus Fig. 4 und 5 ergibt, ist zur Erzeugung der Drallströmung der Primärluft P, d.h. als Einrichtung 12 zum Einführen der Primärluft P, innerhalb der Einlaßöffnung 4 eine Drallklappeneinrichtung 18 mit insbesondere zur Drallveränderung neigungsverstellbaren Drallklappen 20 angeordnet. Diese Drallklappeneinrichtung 18 ist nach Art eines Turbinenrades bzw. eines Axiallüfters ausgebildet, wobei die Drallklappen über den Umfang der Einlaßöffnung 4 gleichmäßig verteilt angeordnet und dabei um radiale Achsen insbesondere stufenlos verschwenkbar sind, und zwar zwischen einer axial ausgerichteten Anordnung und einer dazu etwa senkrechten Anordnung, wobei dann die Öffnung 4 nahezu geschlossen ist. Hierdurch kann zusätzlich auch eine gewisse Regelung der Luftmenge erreicht werden. Jedenfalls dient die Drallklappeneinrichtung 18 zur Variabilität der Drallwirkung bzw. Drallintensität des Primärluft-Staub-Gemisches.

In beiden Ausführungsformen nach Fig.1 und 4 besteht erfindungsgemäß die Einrichtung 14 zum Einführen der Sekundärluft S im wesentlichen aus einem die Auslaßöffnung 6 umschließenden bzw. zur Auslaßöffnung 6 konzentrischen Einblasring 22, der eine sich in Richtung der Brennkammer 2 konisch erweiternde Innenfläche 24 sowie mehrere über den Umfang verteilt angeordnete Luftschlitze 26 aufweist. Diese Luftschlitze 26 erstrecken sich vom Außenumfang 28 des Einblasringes 22 bis zu der Innenfläche 24 und sind dabei derart ausgerichtet, daß die von außen zugeführte Sekundärluft S durch die Luftschlitze 26 strömt und hierdurch in die in die Brennkammer 2 gerichtete Drallströmung versetzt wird. Wie sich insbesondere aus Fig. 2 ergibt, ist der Einblasring 22 zweckmäßigerweise von mehreren einzelnen Ringelementen 30 gebildet, die jeweils zwischen sich die Luftschlitze 26 bilden bzw. begrenzen. Diese Ringelemente 30 werden durch geeignete, nicht näher beschriebene Haltemittel in ihrer Lage fixiert bzw. eingespannt. Vorzugsweise besteht der Einblasring 22 aus etwa vierundzwanzig einzelnen Elementen, so daß auch insgesamt vierundzwanzig Luftschlitze in einer über den Umfang gleichmäßigen Verteilung vorgesehen sind. Die Anzahl der Ringelemente 30 bzw. der Luftschlitze 26 kann jedoch stark variieren, und zwar in Abhängigkeit von der Auslegung der Brenner-Leistung und der jeweils benötigten Luftmenge.

Diesbezüglich ist es nun besonders vorteilhaft, wenn die Luftschlitze 26 des Einblasringes 22 hinsichtlich ihres wirksamen Strömungsquerschnittes derart düsenartig ausgebildet sind, daß die von außen mit einem bestimmten, d.h. durch das zur vollständigen Verbrennung bei  $\lambda \approx 1$  benötigte Luftvolumen festgelegten, Eingangsdruck zugeführte Sekundärluft S durch

die verengten Luftschlitze 26 eine derart hohe Strömungsgeschwindigkeit erhält, daß sie ein Eindringen von Verbrennungsstoffen in die Luftschlitze 26 verhindert. Somit wird vorteilhafterweise praktisch eine Selbstreinigung bzw. Selbst-Reinerhaltung der Luftschlitze 26 durch die eingedüste Sekundärluft S erreicht.

In den dargestellten, erfindungsgemäßen Ausführungsformen ist eine "Dreiteilung" der insgesamt benötigten Verbrennungsluft vorgesehen, indem zusätzlich zur Primär- und Sekundärluft P, S noch Tertiärluft T zugeführt wird. Zweckmäßigerweise schließt sich hierzu an die Auslaßöffnung 6 in die der Brennkammer 2 abgekehrte Richtung eine Nachverbrennungszone 32 mit einer Einrichtung 34 zum Zuführen der Tertiärluft T an. Hierbei kann die Verbrennung innerhalb der Brennkammer 2 unterstöchiometrisch mit einer Luftüberschußzahl bzw. "Luftmangelzahl"  $\lambda < 1$  erfolgen. Es kann hierdurch eine besonders hohe Temperatur zur absolut sicheren Zerstörung von Schadstoffen, insbesondere Dioxinen, erreicht werden. Eine Vervollständigung der Verbrennung erfolgt dann in der Nachverbrennungszone 32 durch Zuführen der Tertiärluft T, wobei die Tertiärluft T mit einem Volumen pro Zeiteinheit zugeführt wird, daß vorzugsweise die Verbrennung insgesamt etwa stöchiometrisch erfolgt ( $\lambda$  etwa 1,02). Natürlich könnte durchaus auch mit höherem Luftüberschuß von z.B.  $\lambda \approx 1,9$  gefahren werden, wobei der Vorteil der guten und stabilen Verbrennung bestehen bleibt.

Wie sich nun aus Fig. 1 und 4 jeweils i.V.m. Fig. 3 ergibt, ist die Einrichtung 34 zum Zuführen der Tertiärluft T derart ausgebildet, daß die Tertiärluft T einerseits in die der Brennkammer 2 abgekehrte Richtung der Nachverbrennungszone 32 strömt, dabei aber andererseits auch in eine Drallströmung versetzt wird, wodurch die Verweilzeit innerhalb der Nachverbrennungszone 32 erhöht wird. Erfindungsgemäß sind hierbei die Drallrichtungen von Tertiärluft und Sekundärluft einander entgegengesetzt. Hierdurch wird eine nochmalige Vermischung und Verwirbelung des Brenngemisches erreicht. Zweckmäßigerweise besteht auch die Einrichtung 34 zum Zuführen der Tertiärluft T aus einem zur Auslaßöffnung 6 konzentrischen Einblasring 36, der in seiner konstruktiven Ausgestaltung grundsätzlich dem für die Sekundärluft S vorgesehenen Einblasring 22 entspricht, so daß an dieser Stelle der Einfachheit halber auf die obigen Ausführungen verwiesen wird. Hierzu sind gleiche bzw. sich funktionell entsprechende Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Besonders hervorzuheben ist allerdings, daß sich die konische Innenfläche 24 des Einblasringes 36 in die der Brennkammer 2 abgekehrte Richtung erweitert. Zudem sind auch bei dem Einblasring 36 die Luftschlitze 26 so ausgebildet, daß die Tertiärluft T eine derart hohe Strömungsgeschwindigkeit erhält, daß sie ein Eindringen von Stoffen aus den Rauchgasen wirksam verhindert. Als Tertiärluft T wird zweckmäßigerweise kalte Frischluft verwendet (mit Außen- bzw. Umgebungstempera-

tur).

Demgegenüber werden die Primärluft P und vorzugsweise auch die Sekundärluft S vor dem Einführen in die Brennkammer 2 zweckmäßigerweise aufgeheizt. Hierzu ist es vorteilhaft, wenn die Brennkammer 2 von einer Kammerwandung 38 begrenzt ist, die ihrerseits von einem äußeren Mantel 40 derart umschlossen ist, daß zwischen der Kammerwandung 38 und dem Mantel 40 ein die Kammerwandung 38 umschließender Hohlraum 42 gebildet ist. In diesen Hohlraum 42 mündet in einem der Auslaßöffnung 6 naheliegenden Bereich ein Lufteinlaß 44, und der Hohlraum 42 geht auf der der Auslaßöffnung 6 abgekehrten Seite in die Einlaßöffnung 4 über. Dabei ist vorzugsweise innerhalb des Hohlraums 42 zwischen der Kammerwandung 38 und dem äußeren Mantel 40 eine schraubenlinienförmig verlaufende Trennwand 46 derart angeordnet, daß die über den Lufteinlaß 44 zugeführte Luft die Kammerwandung 38 schraubenlinienförmig in Richtung der Einlaßöffnung 4 umströmt. Hierdurch wird eine gute und effektive Wärmeaufnahme bzw. Wärmeübertragung von der Brennkammer 2 über die Kammerwandung 38 auf die Luft erreicht (Wärmetauscher). Auch dies trägt dazu bei, daß innerhalb der Brennkammer 2 sehr hohe Brenntemperaturen erreicht werden können. Gleichzeitig wird vorteilhafterweise die Kammerwandung 38 gekühlt. Vorzugsweise strömt die Luft mindestens zweimal ganz um die Kammerwandung 38 herum, d.h. es ist eine Umströmung von mindestens  $2 \times 360^\circ = 720^\circ$  vorgesehen.

Wie allgemein üblich, ist auch bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 die Brennkammer 2 mit einem Innenmantel 48 aus einem feuerfesten Material ausgekleidet. Die hierzu üblicherweise verwendeten feuerfesten Materialien sind allerdings nur bis zu einer mittleren Temperatur von etwa  $1600^\circ \text{C}$  beständig. Daher ist es aufgrund der sehr hohen Brennkammer-Temperaturen von bis zu  $2000^\circ \text{C}$  besonders vorteilhaft, wenn zwischen der Kammerwandung 38 und dem feuerfesten Innenmantel 48 ein letzteren umschließender Hohlraum 50 für ein den Innenmantel 48 kühlendes Kühlmedium gebildet ist. Hierbei ist es dann ganz besonders vorteilhaft, wenn als Kühlmedium die Sekundärluft S verwendet wird, wozu vorzugsweise die über den Lufteinlaß 44 und den zwischen der Kammerwandung 38 und dem äußeren Mantel 40 gebildeten Hohlraum 42 zugeführte Luft im vor der Einlaßöffnung 4 liegenden Bereich in die Primärluft P und die Sekundärluft S aufgeteilt wird. Die Sekundärluft S strömt dann durch den Kühlmittel-Hohlraum 50 in Richtung der an der Auslaßöffnung 6 angeordneten Zuführeinrichtung 14. Zweckmäßigerweise geht der Kühlmittel-Hohlraum 50 unmittelbar in eine den Einblasring 22 umschließende Ringkammer 52 über, von der aus die Sekundärluft S durch die Luftschlitze 26 strömt. Durch diese besonders vorteilhafte Maßnahme wird somit einerseits eine effektive Kühlung des Innenmantels 48 erreicht, andererseits wird gleichzeitig die Sekundärluft S aufge-

heizt.

Wie sich nun ferner aus Fig. 1 und 4 jeweils ergibt, ist im Bereich der Einlaßöffnung 4 ein insbesondere mit Leichtöl zu betreibender Zünd- und Stützbrenner 54 angeordnet. Dieser Brenner 54 dient einerseits zum erstmaligen Zünden im Anfahrbetrieb der erfindungsgemäßen Verbrenn-Vorrichtung 1. Sobald eine regelmäßige Verbrennung innerhalb der Brennkammer 2 erreicht ist, kann dieser Brenner 54 abgeschaltet werden. Andererseits wird aber der Zünd- und Stützbrenner 54 vorzugsweise von einer Steuerung automatisch so gesteuert, daß im Falle einer Unregelmäßigkeit der innerhalb der Brennkammer 2 ablaufenden Verbrennung der Zünd- und Stützbrenner 54 automatisch für eine bestimmte Zeit eingeschaltet wird. Für diese Funktion weist die den Brenner 54 schaltende Steuerung zur Überwachung einerseits der in der Brennkammer 2 ablaufenden Verbrennung und andererseits der Flamme des Brenners 54 jeweils insbesondere Fotozellen oder dergleichen Sensoren auf.

In Fig. 6 ist nun eine besonders vorteilhafte Anwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 veranschaulicht. Hierbei ist die Brennkammer 2 derart unmittelbar an einem Verbrennungskessel 56 insbesondere einer Müllverbrennungsanlage angeordnet, daß die über die Auslaßöffnung 6 austretenden Rauchgase direkt in den Feuerraum 58 des Verbrennungskessels 56 eingeleitet werden. Vorzugsweise ist hierbei die Anordnung der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 am Verbrennungskessel 56 derart gewählt, daß die Rauchgase in einem Bereich des Feuerraumes 58 in diesen eintreten, in dem eine Betriebstemperatur  $\geq 1200^\circ \text{C}$  herrscht. Hierdurch ist vorteilhafterweise eine Unterkühlung der Feuerraumflamme durch Randeinflüsse und auch Strahlenbildung im Feuerraum ausgeschlossen. Bei dieser Anwendung eignet sich die erfindungsgemäße Vorrichtung 1 insbesondere zum Verbrennen des in der Müllverbrennungsanlage anfallenden Aktivkokes, wobei vorteilhafterweise ein stetiger Durchsatz, d.h. eine stetige Entsorgung möglich ist. Außerdem wird eine thermische Unterstützung der innerhalb des Verbrennungskessels 56 ablaufenden Verbrennung erreicht. Das aus der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 stammende Rauchgas wird dann zusammen mit den Rauchgasen aus der Abfallverbrennungsanlage einer üblichen Rauchgasreinigung zugeführt.

Gemäß Fig. 7 ist der Brennkammer 2 eine Aufbereitungseinrichtung 60 für das zu verbrennende Material vorgeordnet, die insbesondere aus einer Mahlvorrichtung 62 sowie Transporteinrichtungen 64 besteht. Im einzelnen wird der anfallende Aktivkoks aus einem Zwischensilo 66 über eine pneumatische Förderanlage 64a insbesondere mit Stickstoff zu der Mahlvorrichtung 62 gefördert und dort auf eine für eine gesicherte Verbrennung notwendige Feinheit aufgemahlen. Der gemahlene Koksstaub wird dann über eine Zellenradschleuse 64b ausgetragen und im weiteren mittels Tragluft der Verbrennung dosiert zugeführt.

Dabei ist jede Einheit für sich vorteilhafterweise so ausgelegt, daß sie eine maximale Aktivkoksmenge kontinuierlich entsorgen kann. Dies bedeutet, daß jeder Verbrennungskessel mit seiner eigenen Verbrennvorrichtung ausgestattet ist, so daß die durch diesen Kessel anfallende Menge Aktivkoks unmittelbar in dem Kessel wieder entsorgt werden kann.

Alternativ zu dieser bevorzugten Anwendung ist es jedoch ebenfalls möglich, die über die Auslaßöffnung 6 aus der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 austretenden Rauchgase insbesondere über eine Rauchgaskühlung ("Quenche") einer Rauchgasreinigung (Rauchgas-Wäscher) zuzuführen.

Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern umfaßt auch alle im Sinne der Erfindung gleichwirkenden Ausführungen. Ferner ist die Erfindung bislang auch noch nicht auf die im Anspruch 1 definierte Merkmalskombination beschränkt, sondern kann auch durch jede beliebige andere Kombination von bestimmten Merkmalen aller insgesamt offenbarten Einzelmerkmalen definiert sein. Dies bedeutet, daß grundsätzlich praktisch jedes Einzelmerkmal des Anspruchs 1 weggelassen bzw. durch mindestens ein an anderer Stelle der Anmeldung offenbartes Einzelmerkmal ersetzt werden kann. Insofern ist der Anspruch 1 lediglich als ein erster Formulierungsversuch für eine Erfindung zu verstehen.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Verbrennen von staubförmigen Materialien, mit einer Brennkammer (2) mit einer einseitigen Einlaßöffnung (4) für das zu verbrennende Material und einer der Einlaßöffnung (4) gegenüberliegenden Auslaßöffnung (6) für durch die Verbrennung entstehende Rauchgase, wobei im Bereich der Einlaßöffnung (4) eine Einrichtung (12) zum Einführen von sich mit dem zu verbrennenden Material vermischender Primärluft (P) sowie im Bereich der Auslaßöffnung (6) eine Einrichtung (14) zum Einführen von Sekundärluft (S) derart vorgesehen sind, daß die Sekundärluft (S) einerseits der Primärluft (P) entgegen in Richtung der Einlaßöffnung (4) strömt und dabei andererseits in eine Drallströmung um eine durch Ein- und Auslaßöffnung (4, 6) verlaufende Brennkammer-Achse (8) versetzt wird,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß sich an die Auslaßöffnung (6) - in der aus der Brennkammer (2) führenden Auslaß-Richtung der Rauchgase gesehen - eine Nachverbrennungszone (32) mit einer Einrichtung (34) zum Zuführen von Tertiärluft (T) anschließt, wobei die Einrichtung (14) zum Einführen der Sekundärluft (S) einen die Auslaßöffnung (6) umschließenden Einblasring (22) aufweist, der eine sich in Richtung der Brennkammer (2) konisch erweiternde Innenfläche (24) sowie mehrere über

den Umfang verteilt angeordnete Luftschlitze (26) besitzt, die sich vom Außenumfang (28) bis zur Innenfläche (24) erstrecken und derart ausgerichtet sind, daß die von außen zugeführte Sekundärluft (S) durch die Luftschlitze (26) strömt und hierdurch in die in die Brennkammer (2) gerichtete Drallströmung versetzt wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß die Einrichtung (12) zum Einführen der Primärluft (P) derart ausgebildet ist, daß die Primärluft (P) unter Mitnahme des zu verbrennenden Materials zunächst im wesentlichen geradlinig durch die Einlaßöffnung (4) in Richtung der Auslaßöffnung (6) eingeblasen und innerhalb der Brennkammer (2) durch die entgegengerichtete Drallströmung der Sekundärluft (S) verwirbelt wird.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß die Einrichtung (12) zum Einführen der Primärluft (P) derart ausgebildet ist, daß die Primärluft (P) unter Mitnahme des zu verbrennenden Materials einerseits der Sekundärluft (S) entgegen in Richtung der Auslaßöffnung (6) strömt und dabei andererseits in eine Drallströmung um die Brennkammer-Achse (8) versetzt wird, wobei die Drallrichtungen der beiden Drallströmungen der Primär- und Sekundärluft (P, S) einander entgegengerichtet sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß innerhalb der Einlaßöffnung (4) eine Drallklappeneinrichtung (18) mit insbesondere zur Drallveränderung neigungverstellbaren Drallklappen (20) angeordnet ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß der Sekundärluft-Einblasring (22) von mehreren einzelnen Ringelementen (30) gebildet ist, die jeweils zwischen sich die Luftschlitze (26) bilden.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß die Luftschlitze (26) des Einblasringes (22) hinsichtlich ihres wirkenden Strömungsquerschnittes derart ausgebildet sind, daß die von außen mit einem bestimmten Eingangsdruck zugeführte Sekundärluft (S) durch die Luftschlitze (26) eine derart hohe Strömungsgeschwindigkeit erhält, daß sie ein Eindringen von Verbrennungsstoffen in die Luftschlitze (26) verhindert.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß die Einrichtung (34) zum Zuführen der Tertiärluft (T) derart ausgebildet ist, daß die Tertiärluft (T) einerseits in die der

Brennkammer (2) abgekehrte Richtung der Nachverbrennungszone (32) strömt und dabei andererseits in eine Drallströmung versetzt wird, wobei vorzugsweise die Drallrichtungen von Tertiär- und Sekundärluft (T, S) entgegengesetzt sind.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einrichtung (34) zum Zuführen der Tertiärluft (T) einen zur Auslaßöffnung (6) konzentrischen Einblasring (36) aufweist, der eine sich in die der Brennkammer (2) abgekehrte Richtung der Nachverbrennungszone (32) konisch erweiternde Innenfläche (24) sowie mehrere über den Umfang verteilt angeordnete Luftschlitze (26) besitzt, die sich vom Außenumfang (28) bis zur Innenfläche (24) erstrecken und derart ausgerichtet sind, daß die von außen zugeführte Tertiärluft (T) durch die Luftschlitze (26) strömt und hierdurch in die in die Nachverbrennungszone (32) gerichtete Drallströmung versetzt wird.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Einblasring (36) von mehreren einzelnen Ringelementen (30) gebildet ist, die jeweils zwischen sich die Luftschlitze (26) bilden.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Luftschlitze (26) des Einblasringes (36) hinsichtlich ihres wirk-samen Strömungsquerschnittes derart ausgebildet sind, daß die von außen mit einem bestimmten Eingangsdruck zugeführte Tertiärluft (T) durch die Luftschlitze (26) eine derart hohe Strömungsge-schwindigkeit erhält, daß sie ein Eindringen von Verbrennungsstoffen in die Luftschlitze (26) verhin-dert.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Brennkammer (2) von einer Kammerwandung (38) begrenzt ist, die ihrerseits von einem Mantel (40) derart umschlossen ist, daß zwischen der Kammerwan-dung (38) und dem Mantel (40) ein die Kammer-wandung (38) umschließender Hohlraum (42) gebildet ist, in den in einem der Auslaßöffnung (6) naheliegenden Bereich ein Lufteinlaß (44) mündet, wobei der Hohlraum (42) auf der der Auslaßöffnung (6) abgekehrten Seite in die Einlaßöffnung (4) über-geht.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß innerhalb des Hohlraumes (42) zwischen der Kammerwandung (38) und dem Mantel (40) eine schraubenlinienför-mig verlaufende Trennwand (46) derart angeordnet ist, daß die über den Lufteinlaß (44) zugeführte Luft die Kammerwandung (38) schraubenlinienförmig in

Richtung der Einlaßöffnung (4) umströmt.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Brennkammer (2) mit einem Innenmantel (48) aus feuerfestem Material ausgekleidet ist, wobei vorzugsweise zwi-schen der Kammerwandung (38) und dem feuerfes-ten Innenmantel (48) ein letzteren umschlie-ßender Hohlraum (50) für ein den Innenmantel (48) kühlendes Kühlmedium gebildet ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Kühlmedium die Sekundärluft (S) verwendet wird, wobei vor-zugsweise die über den Lufteinlaß (44) und den zwischen der Kammerwandung (38) und dem äußeren Mantel (40) gebildeten Hohlraum (42) zugeführte Luft im vor der Einlaßöffnung (4) liegen-den Bereich einerseits in die zur Einlaßöffnung (4) strömende Primärluft (P) und andererseits die durch den Kühlmittel-Hohlraum (50) in Richtung der an der Auslaßöffnung (6) angeordneten Zuführ-Ein-richtung (14) strömende Sekundärluft (S) aufgeteilt wird.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **gekennzeichnet durch** einen im Bereich der Ein-laßöffnung (4) angeordneten, insbesondere mit Leichtöl zu betreibenden Zünd- und Stützbrenner (54).
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Zünd- und Stützbrenner (54) von einer Steuerung automatisch so gesteuert wird, daß im Falle einer Unregelmä-ßigkeit der innerhalb der Brennkammer (2) ablau-fenden Verbrennung der Zünd- und Stützbrenner (54) automatisch für eine bestimmte Zeit einge-schaltet wird.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Steuerung zur Überwachung einerseits der in der Brennkammer (2) ablaufenden Verbrennung und andererseits der Flamme des Zünd- und Stützbrenners (54) jeweils Fotozellen oder dergleichen Sensoren aufweist.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Brennkammer (2) derart unmittelbar an einem Verbrennungskessel (56) insbesondere einer Müllverbrennungsan-lage angeordnet ist, daß die über die Auslaß-öffnung (6) austretenden Rauchgase in den Feuer-raum (58) des Verbrennungskessels (56) eingelei-tet werden, und zwar vorzugsweise in einem Bereich des Feuerraumes (58), in dem im Betrieb eine Temperatur  $\geq 1200^{\circ}\text{C}$  herrscht.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß die über die Aus-  
laßöffnung (6) austretenden Rauchgase ins-  
besondere über eine Rauchgaskühlung einer  
Rauchgasreinigung zugeführt und dann in die 5  
Atmosphäre geleitet werden.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19,  
**gekennzeichnet durch** eine der Brennkammer (2)  
vorgeordnete Aufbereitungseinrichtung (60) für das 10  
zu verbrennende Material, die insbesondere aus  
einer Mahlvorrichtung (62) sowie Transport-  
einrichtungen (64a,b) besteht.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

