



(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **231 798 A5**4(51) C 10 K 1/20
C 10 L 10/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	AP C 10 K / 274 088 8	(22)	13.03.85	(44)	08.01.86
(31)	P3409014.2-24 P 3508650.5	(32)	13.03.84 12.03.85	(33)	DE

(71)	siehe (73)
(72)	Nickel, Klaus-Dietrich, DE
(73)	KASA-TECHNOPLAN GmbH, 6000 Frankfurt am Main, Atzelbergstraße 123A, DE

(54) Verfahren und Vorrichtungen zum Erzielen SO_x-armer Rauchgase in Feuerungsanlagen

(57) Die Erfindung bezieht sich auf Verfahren und Vorrichtungen, mit denen fossilen Brennstoffen, vorzugsweise Kohle bzw. Petrokoks, vor der Feuerungsanlage o. dgl. der eingebundene Schwefel entzogen und in ein Additiv eingebunden wird. In der Brennkammer wird dann das Additiv mit dem eingebundenen Schwefel versintert. Erfindungsgemäß erfolgt die Entschwefelung des Brennstoffes bei einer von einem elektronischen Prozeßrechner steuerbaren Temperaturführung, regelbaren Verweilzeiten und Druckverhältnissen in Vorlaufstrecken, so daß praktisch völlig entschwefelter Brennstoff in der Brennkammer verbrannt wird. Die Schwefelbestandteile werden mit dem Additiv über die Entschungsanlage abgeführt. Eine Verbrennung der Schwefelbestandteile des Brennstoffes innerhalb der Brennkammer zu SO₂ findet nicht statt.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Erzielen SO_x -armer Rauchgase in mit feinteiligen kohlenstoffhaltigen Brennstoffen, insbesondere Kohle, betriebenen Feuerungsanlagen, bei dem er im Brennstoff enthaltene Schwefel in ein feinteiliges Additiv, vorzugsweise Kalksteinmehl (CaCO_3), Branntkalkmehl (CaO) oder Calcium-Hydroxidpulver (Ca(OH)_2) eingebunden und anschließend in der Brennkammer der entschwefelte Brennstoff verbrannt und die mit dem Schwefel beladenen Additiv-Partikel versintert und mit der Asche abgeführt werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Brennstoff und das Additiv in getrennten Desintegrationsverfahren aufbereitet werden, daß danach dem desintegrierten Brennstoff eine seinem Schwefelgehalt entsprechende Menge an frisch aufbereitetem Additiv beigemischt wird, daß anschließend dieses Brennstoff-Additiv-Gemisch von einem unter steuerbaren Überdruck stehenden und aufgeheizten Transportgas — unter Aufrechterhaltung und Vermischung — zu einem als Vorlaufstrecke (29, 32) ausgebildeten Reaktor transportiert wird, in dem sich der Transportgasdruck plötzlich entspannt und in einer sauerstoffarmen Inertgasatmosphäre innerhalb eines regelbaren Temperaturbereiches oberhalb des Siedepunktes von Schwefel die Verweildauer des Gemisches dem ablaufenden thermodynamischen und reaktionskinetischen Schwefelübertragungsprozeß angepaßt wird, bei dem der Schwefel aus dem Brennstoff ausgetrieben wird und die Additive mit dem Schwefeldampf bzw. den gasförmigen Schwefelverbindungen beladen werden, woraufhin der in die Brennkammer eingeblasene weitgehend von Schwefel befreite Brennstoff bei einer Temperatur verbrannt wird, bei der die Beladung der ebenfalls in die Brennkammer eingeblasenen Additiv-Partikel mit dem Schwefeldampf bzw. den gasförmigen Schwefelverbindungen bis zur Versinterung erhalten bleibt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die hochaktiven schwefelbindenden Additive mittels der Desintegrationstechnik mit hohen Prallgeschwindigkeiten aufbereitet sind, vorzugsweise mittels der Turbo-Desintegrationstechnik mit Prallgeschwindigkeiten über 100 m/sec.
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Brennstoff wenigstens die vierfache Menge seines Schwefelgehaltes an frisch aufbereitetem hochaktiven Additiv mit einer Korngröße 50% unter $30\ \mu\text{m}$ beigemischt wird.
4. Verfahren nach den Ansprüchen 1–3, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Brennstoff feinteilige Kohle verwendet wird, die mittels der Turbo-Desintegrationstechnik mit Prallgeschwindigkeiten von über 100 m/sec. zu Kohlenstaub mit einer Korngröße möglichst 50% unter $40\ \mu\text{m}$ aufbereitet ist.
5. Verfahren nach den Ansprüchen 1–4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Transport des Gemisches aus Kohlenstaub und feinteiligem Additiv mittels eines aufgeheizten, sauerstoffarmen inerten Transportgases erfolgt.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 1–5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Vorlaufstrecke (27, 32) auf eine Temperatur zwischen 500° und 600°C aufgeheizt wird.
7. Verfahren nach den Ansprüchen 1–6, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Transport des Gemisches aus Kohlenstaub und feinteiligem Additiv sowie zum Aufheizen der Vorlaufstrecke (27, 32) entstaubtes, inertes Rauchgas aus dem Rauchgasabzug (6) der Kesselanlage (1) o. dgl. entnommen wird.
8. Verfahren nach den Ansprüchen 1–7, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Teilmenge des Transportgasanteils der entnommenen Rauchgasmenge auf eine Temperatur zwischen 500° und 600°C aufgeheizt und vor der Übernahme der Transportfunktion zur Temperaturregelung mit einer nicht aufgeheizten Transportgasmenge vermischt wird.
9. Verfahren nach den Ansprüchen 1–8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Transportgasanteil der entnommenen Rauchgasmenge bei Aufnahme der Transportfunktion einen Überdruck zwischen ca. 4 und 6 bar aufweist.
10. Verfahren nach den Ansprüchen 1–9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die gasdicht ausgebildete Vorlaufstrecke ein Schwebewirbel- oder Fließbett (29) und/oder ein Wirbelbett-Reaktor (32) einschließt, in welchem das Wirbelbett (35) durch Verwirbelung des mit dem Kohlenstaub-Additiv-Gemisches beladenen Transportgases gebildet und/oder durch Einblasen von erhitztem Rauchgas in den mit dem Kohlenstaub-Additiv-Gemisch beladenen Transportgasstromes aufgebaut wird.
11. Verfahren nach den Ansprüchen 1–10, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Kohlenstaub-Additiv-Mischungsverhältnis in Abhängigkeit von SO_2 -Messungen im Rauchgasabzug der Feuerungsanlage gesteuert wird.
12. Verfahren nach den Ansprüchen 1–11, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Transportgas bei unzulässiger Erhöhung seines Sauerstoffgehaltes Inertgas zugesetzt wird.
13. Verfahren nach den Ansprüchen 1–12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verbrennung des Brennstoffes in der Brennkammer bei einer Temperatur zwischen 1850°C und 1250°C erfolgt.
14. Verfahren nach den Ansprüchen 1–13, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schwefel in der Vorlaufstrecke schockartig mit der Entspannung des Transportgasdruckes von etwa 4–6 bar auf etwa 0,25 bar aus dem Brennstoff ausgetrieben wird.
15. Verfahren nach den Ansprüchen 1–14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die mit dem Schwefeldampf bzw. den gasförmigen Schwefelverbindungen beladenen Additiv-Partikel schockartig in der Brennkammer versintert werden.
16. Vorrichtung zum Erzielen SO_x -armer Rauchgase beim Betrieb von Feuerungsanlagen zur Durchführung der Verfahren nach den Ansprüchen 1–15 mit einer Einrichtung zum Injizieren von Mischungen aus Brennstoffen und feinteiligen Additiv-Partikeln in die Brennkammer und mit einer Entschungsanlage, durch die mit der Asche auch die mit dem Schwefel beladenen versinterten Additiv-Partikel abgeführt werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein als Zwischenspeicher für ein inniges Gemisch aus in getrennten Desintegrationsverfahren aufbereiteten Brennstoff- und Additiv-Partikeln ausgebildetes Drucksendegefäß (44) einerseits an eine Leitung (16) für verdichtetes, aufgeheiztes inertes Transportgas und andererseits über eine Anordnung (38, 46) zum Beladen dieses Transportgases mit dem Gemisch aus Brennstoff- und Additiv-Partikeln und über eine Transportleitung (49) an eine auf die zum verdampfen des Schwefels hinreichende Temperatur aufheizbare Vorlaufstrecke (27; 29, 32) angeschlossen ist, in der sich der Transportgasdruck gegenüber demjenigen in der Transportleitung (49) entspannt und die Verweildauer des Gemisches in der Wirbelzone durch Drossel- bzw. Umlenkvorrichtungen (34, 38, 59) und/oder Siebbleche (39) steuerbar ist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Aufheizen der Vorlaufstrecke (27; 29, 32) und als Transportgas für das Gemisch aus Brennstoff- und Additiv-Partikeln Rauchgas verwendet wird, zu dessen Entnahme (13) ein Gebläse (15) vorgesehen ist, das hinter einem Staubabscheider (7) in einem Rauchgasabzug (6) der Feuerungsanlage (1) o. dgl. angeschlossen ist.
18. Vorrichtung nach den Ansprüchen 16 und 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich die Rauchgasleitung (14) hinter dem Gebläse (15) in eine Heizgasleitung (24) und eine Transportgasleitung (16) verzweigt.

19. Vorrichtung nach den Ansprüchen 16–18, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Heizgasleitung (24) über einen im Verbrennungsraum (2) der Feuerungsanlage (1) o. dgl. angeordneten Wärmetauscher (25) an die Heizeinrichtung (28) für die Vorlaufstrecke (27; 29, 32) angeschlossen ist.
20. Vorrichtung nach den Ansprüchen 16–19, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Transportgasleitung (16) über einen Verdichter (18) an einen Vorratsdruckbehälter (39) für das Transportgas angeschlossen ist.
21. Vorrichtung nach den Ansprüchen 16–20, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Ausgang des Vorratsdruckbehälters (19) über ein Steuerventil (54) und ein Mischventil (53) zur Druck- bzw. Temperaturregelung des Transportgases an das Drucksendegefäß (24) angeschlossen ist, und daß vor dem Mischventil (53) aus der Transportgasleitung (16) eine Bypass-Leitung (41) abzweigt, die über eine Heizeinrichtung (37) geführt und vor dem Anschluß der Transportgasleitung (40) an das Drucksendegefäß (44) wieder mit dieser verbunden ist.
22. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Heizeinrichtung (37) zur Aufheizung des durch die Bypass-Leitung (41) geführten Transportgasanteiles in der beheizten Vorlaufstrecke (27; 29, 32) angeordnet ist.
23. Vorrichtung nach den Ansprüchen 16–22, **dadurch gekennzeichnet**, daß an den Ausgang des Vorratsdruckbehälters (19) über ein Steuerventil (51) eine Inertgasquelle (50) angeschlossen ist.
24. Vorrichtung nach den Ansprüchen 16–23, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Eingang und der Ausgang des Drucksendegefäßes (44) zum Beladen des Transportgases mit dem Gemisch aus Brennstoff- und Additiv-Partikeln durch einen Einlass-Schieber (45) und einen Auslass-Schieber (46) verschließbar sind.
25. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Vorlaufstrecke einen Wirbelbett-Reaktor (32) mit Prall- und Leiteinrichtungen (35, 36) und/oder ein Schwebe-Wirbel- oder Fließbett (29) mit einem zusätzlichen Einlass (30) für Rauchgas sowie eine steuerbare Drossel- bzw. Dosiervorrichtung (59/39) für Transportgas einschließt.
26. Vorrichtung nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wirbelbett-Reaktor (32) eine Doppelwand (36) aufweist, die an die Heizgasleitung (24, 26) angeschlossen ist, und in der die Heizeinrichtung (37) für den durch die Bypass-Leitung (41) geführten Transportgasanteil angeordnet ist.
27. Vorrichtung nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Steuerventil (51) für die Inertgasquelle (50) mit einem Sauerstoff-Messer (56) in der Transportgasleitung (16) in Wirkverbindung steht.
28. Vorrichtung nach den Ansprüchen 16–27, **gekennzeichnet durch** einen SO₂-Messer (8) im Rauchgasabzug (6), der, gegebenenfalls zusammen mit einem Thermometer (21) in der Vorlaufstrecke (27), über einen elektronischen Prozeßrechner (55) mit dem Steuerventil (54) für Transportgas hinter dem Vorratsbehälter (19) für verdichtetes Transportgas, einem weiteren Steuerventil (23) für Transportgas, einem Steuerventil (48) in einer Zusatzleitung (43) für Additiv sowie die Dosiervorrichtung (34, 59) vor bzw. hinter der Vorlaufstrecke (27; 29, 32) sowie einem Steuerventil (31) und Drossel- bzw. Dosiervorrichtungen (38, 39) in Wirkverbindung steht.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und auf Vorrichtungen zum Erzielen SO_x-armer Rauchgase in mit feinteiligen kohlenstoffhaltigen Brennstoffen, insbesondere Kohle, betriebenen Feuerungsanlagen, bei dem der im Brennstoff enthaltene Schwefel in ein feinteiliges Additiv, vorzugsweise Kalksteinmehl (CaCO₃), Branntkalkmehl (CaO) oder Calcium-Hydroxidpulver (Ca(OH)₂) eingebunden und anschließend in der Brennkammer der entschwefelte Brennstoff verbrannt und die mit dem Schwefel beladenen Additiv-Partikel versintert und mit der Asche abgeführt werden.

Charakteristik der bekannten techn. Lösungen

Schädliche Nebenprodukte der Verbrennung fossiler Brennstoffe sind allgemein bekannt. Einer der Hauptschadstoffe ist Schwefeldioxid, von dem in der Bundesrepublik Deutschland — nach dem derzeitigen technischen Stand — im Jahr etwa 4 Mio t in die Luft abgelassen werden, wobei Kraftwerke und Industrie die Hauptverursacher sind. Trotz größter Anstrengungen — weltweit — ist es bis heute nicht befriedigend gelungen, die schädlichen SO₂-Immissionen in den Griff zu bekommen und auf ein erträgliches Maß herabzusetzen.

Der fossile Brennstoff Kohle enthält Schwefel entweder als mineralische Begleitsubstanz, insbesondere als Pyrit (FeS₂), oder als sogenannten organischen Schwefel. Elementarer Schwefel wird in der Steinkohle kaum, in der Bundesrepublik Deutschland überhaupt nicht gefunden. Der organische Schwefel ist Bestandteil der Kohlesubstanz, die Art seiner Bindung an die Kohle ist noch nicht näher bekannt. Entsprechend seinem Auftreten in der Kohle kann diese durch mechanische oder durch chemische Verfahren entschwefelt werden. Beide Verfahren sind mühsam, wobei die chemischen Verfahren besonders hohe Investitions- und Betriebskosten erfordern.

Bedeutsam für die chemischen Entschwefelungsverfahren ist, daß Kohle in gebräuchlichen Lösungsmitteln praktisch unlöslich und daher durch selektive Reagentien nicht angreifbar ist; erst das „Cracken“ des ganzen Gefüges erlaubt einen chemischen Eingriff.

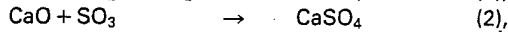
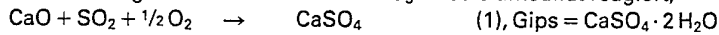
Zur Reduzierung der bei großindustriellen Verfeuerungen von fossilen Brennstoffen freiwerdenden SO_x-Mengen werden im wesentlichen Verfahren und Anlagen zur Rauchgasentschwefelung oder zur Entschwefelung der Brennstoffe eingesetzt bzw. getestet. Alle bisher bekannten Maßnahmen haben aber eine mehr oder weniger empfindliche Erhöhung der Stromabgabepreise zur Folge, da die notwendigen Anlagen nur durch diese finanzierbar sind.

Die weitest verbreitete Methode ist die Entschwefelung der Rauchgase. Da hier das während der Verbrennung des Brennstoffes gebildete SO₂ beseitigt wird, spielt die Form der ursprünglichen Schwefeleinbindung in den Brennstoff keine Rolle. Am meisten durchgesetzt haben sich die Nassentschwefelungsanlagen, in denen aus den bevorzugten Additiven Gips entsteht, in dem der Schwefel eingebunden ist. Eine derartige Rauchgasentschwefelung verteuert den Strompreis um 1,9 Pfennige pro Kilowattstunde, was einem Mehrpreis von 50,-DM je Tonne eingesetzter Kohle entspricht.

Hinzu kommt, daß der Verbrennungsraum bzw. der Rauchgasabzug der Kesselanlage aus Materialien bestehen muß, die die im Rauchgas enthaltenen SO₂-Bestandteile vertragen. Hierdurch muß bereits bei der Konzeption der Kesselanlage der erhöhte Preis für derartige Materialien in Kauf genommen werden.

Für die Entschwefelung der Rauchgase im Kessel ist eine Anzahl von Pilot-Projekten bekannt, die die trockene Entschwefelung der Rauchgase vor dem Kesselaustritt verfolgen. Sie beruhen auf dem Prinzip, dem Rauchgas — noch im Feuerraum —

schwefelbindende Additive zuzusetzen, insbesondere CaO (als Branntkalkmehl), Ca(OH)₂ (als Calciumhydroxid-Pulver) und CaCO₃ (als Kalkstein- oder Kalkmehl), die zu einer Einbindung des Schwefelgehaltes des Rauchgases führen sollen. Für die Einbindung des Schwefelgehaltes des Rauchgases durch das Additiv geht man davon aus, daß Calciumoxid mit SO₂ und dem überschüssigen Sauerstoff oder mit SO₃ zu Calciumsulfat reagiert,



welches sich in der Asche ansammelt. Wird nicht Calciumoxid direkt, sondern Calciumhydroxid oder Kalk als Additiv eingesetzt, müssen sich diese zuvor zersetzen:



Ohne auf die Reaktionsparameter oder die Reaktionen im einzelnen näher einzugehen, ist festzustellen, daß die Wirksamkeit der Entschwefelung von Rauchgas im Kessel von einer Vielzahl von Parametern abhängt und höchst komplex ist. So spielen unter anderem eine erhebliche Rolle: die Art der Kohle, der Partialdruck des SO₂, der Sauerstoffüberschuß im Rauchgas, die Reaktionstemperatur bzw. der Reaktionstemperaturgradient, die Verweilzeit des Additivs in der Flammzone, die Turbulenz im Brennraum, der Ort des Einblasens des Additivs in den Brennraum, die Geschwindigkeit des eingeblasenen Additivs und andere Bedingungen mehr, die alle kaum oder nicht steuerbar sind. Ferner ist von Bedeutung, daß gebildetes Calciumsulfat bei Temperaturen oberhalb 1200°C wieder SO₂ abspaltet und daß bei Temperaturen oberhalb 1250°C die CaO-Partikel zu sintern beginnen, wodurch die Oberfläche des Additivs inaktiv wird. — Obwohl diese Technik, die noch im Versuchsstadium sich befindet, gute Ansätze verspricht, ist man noch weit entfernt, sie mit wirtschaftlichem Erfolg einzusetzen.

Die vorgenannte Technik zur Einbindung von SO₂ durch Additive im Kessel, die vorwiegend Steinkohle als Brennstoff betrifft, ist noch zu ergänzen um ein Entschwefelungsverfahren für Braunkohlefeuerung, bei dem die Additive dem Brennstoff vor Eingabe des Brennstoffes in den Brenner beigemischt werden. Wenngleich diese letztgenannte Technik im Pilotmaßstab für Braunkohle erfolgreich getestet worden ist, liefert ihre Anwendung für Steinkohlefeuerung wesentlich schlechtere Entschwefelungsgrade. Der Grund hierfür liegt offensichtlich in der höheren Flammentemperatur der Steinkohle, wobei die dem Brennstoff beigemischten Additive dem gesamten Temperaturspektrum der Flamme unterworfen sind, und Temperaturbereiche durchlaufen müssen, die zur Zersetzung des bereits gebildeten Sulfats und zur Additiv-Oberflächenversinterung führen können.

Untersucht worden ist auch eine Anlage, in der durch Luftstrahlen Additive oberhalb des Flammenbereiches in den Feuerraum eingeblasen werden. Die Entschwefelung war weit besser als bei der Vermischung von Brennstoff mit Additiven vor dem Verbrennungsraum. Derartige Anlagen arbeiten jedoch nur in kleinen Dampferzeugern erfolgversprechend, weil die Art des Einblasens der Additive in den Feuerraum, vor allem bei großen Rauchgasvolumina, eine sehr hohe Mischungsenergie erfordert, um eine gute Vermischung der Reaktionspartner zu erreichen. Hinzu kommt, daß diese Vermischung zum größten Teil in dem Kesselbereich erfolgt, wo hinsichtlich der Temperatur und der Verweilzeit keine optimalen Reaktionsbedingungen zur Einbindung des Schwefels vorhanden sind.

Verschlechterte Bedingungen ergeben sich zudem in einem Großkessel mit mehreren Brennern, die neben- und übereinander angeordnet sind. Dadurch entstehen sehr komplexe Strömungsverläufe und Temperaturfelder. Entscheidend dürfte sein, daß für eine sichere Einbindung des SO₂ in das Additiv eine optimale Temperatur/Zeitgeschichte des eingeblasenen Additivs nicht garantiert werden kann.

Ziel der Erfindung

Dem gegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein preiswertes Verfahren und Vorrichtungen zu schaffen, mit denen sich fossile Brennstoffe so entschwefeln lassen, daß bei deren Verbrennung im Kesselraum nennenswerte SO_x-Mengen nicht mehr entstehen oder zur schädlichen Wirkung gelangen können.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß der Brennstoff und das Additiv in getrennten Desintegrationsverfahren aufbereitet werden, daß danach dem desintegrierten Brennstoff eine seinem Schwefelgehalt entsprechende Menge an frisch aufbereitetem Additiv beigemischt wird, daß anschließend dieses Brennstoff-Additiv-Gemisch von einem unter einem steuerbaren Überdruck stehenden und aufgeheizten Transportgas — unter Aufrechterhaltung der Vermischung — zu einem als Vorlaufstrecke ausgebildeten Reaktor transportiert wird, in dem sich der Transportgasdruck plötzlich entspannt und in einer sauerstoffarmen Inertgasatmosphäre innerhalb eines regelbaren Temperaturbereiches oberhalb des Siedepunktes von Schwefel die Verweildauer des Gemisches dem ablaufenden thermodynamischen und reaktionskinetischen Schwefelübertragungsprozeß angepaßt wird, bei dem der Schwefel aus dem Brennstoff ausgetrieben wird, und die Additive mit dem Schwefeldampf bzw. den gasförmigen Schwefelverbindungen beladen werden, woraufhin der in die Brennkammer eingeblasene weitehend von Schwefel befreite Brennstoff bei einer Temperatur verbrannt wird, bei der die Beladung der ebenfalls in die Brennkammer eingeblasenen Additiv-Partikel mit dem Schwefeldampf bzw. den gasförmigen Schwefelverbindungen bis zur Versinterung erhalten bleibt.

Mit dem im Anspruch 1 und in den Unteransprüchen 1–15 gekennzeichneten Verfahren ist es möglich, den Schwefelgehalt schon vor der Brennkammer aus dem Brennstoff auszutreiben.

Die Desintegration des Brennstoffes, beispielsweise der Kohle, erfolgt in einer Inertgasatmosphäre in einem Desintegrator, vorzugsweise gemäß der DE-OS 30 34 849.3, um eine Selbstzündung des Brennstoffes bei seiner Zerkleinerung zu vermeiden. Die Desintegration des Additivs hingegen findet ebenfalls in einem Desintegrator, jedoch in einem unabhängigen Desintegrationsverfahren in normaler Luft- bzw. Sauerstoffatmosphäre statt, wodurch erreicht wird, daß sich an die Additiv-Partikel Sauerstoff anlagert, welcher die später eintretende Beladung der Additiv-Partikel mit dem Schwefeldampf bzw. den gasförmigen Schwefelverbindungen begünstigt, die aus dem Brennstoff ausgetrieben werden.

Die in getrennten Desintegrationsverfahren aufbereiteten Brennstoffe und Additive werden danach miteinander vermischt, wobei dem feinteiligen Brennstoff eine seinem Schwefelgehalt entsprechende Menge frisch aufbereitetes feinkörniges Additiv — keinesfalls abgelagertes, bereits gealtertes Additiv-Pulver — beigemischt wird.

Das Gemisch aus feinteiligem Brennstoff und hochaktivem Additiv wird dann durch ein auf etwa 500° bis 600°C aufgeheiztes inertes Transportgas zu einem als Vorlaufstrecke ausgebildeten Reaktor transportiert, wobei dieser Transport unter einem steuerbaren Überdruck zwischen 4 bis 6 bar erfolgt. Dieser Überdruck ist erforderlich, um eine Entgasung des Brennstoffes in der Transportleitung zu verhindern, deren Länge von den baulichen Gegebenheiten abhängt, die vor der Brennkammer zur

Verfügung stehen. Aus Sicherheitsgründen wird die Desintegration des Brennstoffes und des Additivs zu Feinstaub meistens nicht in der Nähe der Brennkammer vorkommen.

Beim Einmünden der unter Druck stehenden Transportleitung in den Reaktor wird der Druck des heißen Transportgases (regelbar) durch den vergrößerten Querschnitt der Reaktionskammer schlagartig entspannt und der Druckabfall, über eine Steuereinrichtung zum Aufbau einer Wirbelzone genutzt, in deren agglomerationshemmenden und agglomerationsauflösenden Turbulenzen Temperatur und Verweilzeit so regelbar sind, daß der thermodynamische und reaktionskinetische Prozeß der Schwefelübertragung vom Brennstoff an das Additiv jeweils an die chemo-physikalischen Eigenschaften des Brennstoff-Additiv-Gemisches angepaßt werden kann.

Unter diesen mit einem elektronischen Prozeß-Rechner steuerbaren Bedingungen vollzieht sich ein Schwefeltransfer vom in der Vorlaufstrecke auf die gegebene Reaktionstemperatur aufgeheizten pulverisierten Brennstoffe an das gleichfalls auf die vorgegebene Reaktionstemperatur gebrachte hochaktive reaktionsfreudige Additiv, dadurch bedingt, daß durch schockartige Druckentspannung des Fördergases bei Einmündung in den Reaktor der Vorlaufstrecke gleichfalls die Verdampfungstemperatur des Schwefels und die Reaktionstemperatur der gasförmigen Schwefelverbindungen schockartig herabgesetzt werden, so daß der Schwefel durch fast explosionsartige Verdampfung aus den feinen Brennstoff-Partikeln ausgetrieben, oder die gasförmigen Schwefelverbindungen schlagartig abgespalten und von dem reaktionsstärkeren Additiv unter Abgabe von Sauerstoff in die Wirbelzone aufgenommen werden. Der Druck in der Wirbelzone des Reaktors wird für diesen Prozeßablauf um 0,25 bar von der Prozeß-Steuerung vorgegeben. Eine Freisetzung von flüchtigen Bestandteilen des Brennstoffes hält sich in Grenzen, die den Verbrennungsablauf in keiner Weise negativ beeinflussen.

Der weitgehend von seinem Schwefelgehalt befreite feinkörnige feste Brennstoff wird zusammen mit seinen bereits freigesetzten flüchtigen Bestandteilen und den schwefelbeladenen Additiv-Partikeln über eine kurze Förderleitung hinter der Vorlaufstrecke dem Brenner zugeführt und dort mit Verbrennungsluft angereichert und in die Brennkammer eingeblasen. Bedingt durch bereits freigesetzte flüchtige Bestandteile, beginnt der Ausbrand des Brennstoffes unmittelbar nach der Brennerdüse. Unter bestimmten Sicherheitsvorkehrungen kann deshalb auf Stützbrenner verzichtet werden.

Durch das Einblasen der in der Vorlaufstrecke bereits auf eine Temperatur zwischen 500° und 600°C aufgeheizten, sehr feinkörnigen Additiv-Partikel in die unmittelbar nach der Einblasdüse beginnende heiße Flammenzone der Brennkammer wird das Additiv nahezu schockartig versintert und damit „versiegelt“ zusammen mit den nicht brennbaren Ballaststoffen des Brennstoffes der Asche zugeführt. Für diesen Prozeßablauf muß die Verbrennungstemperatur unter 1 850°C, jedoch über 1 250°C gehalten werden, damit durch die Schocksinterung eine Schwefeleinbindung in das Additiv gewährleistet bleibt, aber die Aufspaltung der Schwefelmoleküle in einzelne Schwefelatome durch thermische Energie die explosionsartig erfolgen kann, vor der Versinterung verhindert wird. Durch Aufspalten der Schwefelmoleküle geht durch spontane Abstoßreaktion die Bindung an das Additiv verloren. In der niedrigen temperierten Rauchgaszone kann es wieder zum Aufbau von Schwefelmolekülen und durch Reaktion mit dem im Rauchgas enthaltenen Rest-Sauerstoff zu einer SO₂-Bildung kommen. Solche schadstoffbeladene Rauchgasimmission wird durch das erfindungsgemäße Verfahren und die in Verbindung damit eingesetzte elektronisch prozeßgesteuerte Anlagentechnik vermieden.

Durch das neue Verfahren lassen sich gasförmige, oder zumindest bei der einstellbaren Temperatur gasförmige, Schwefelverbindungen, H₂S oder organische Schwefelverbindungen an ein Additiv übertragen. Wichtig ist, daß durch die Druck- und Temperaturführung in der Vorlaufstrecke eine Verkokung des Brennstoffes, d. h. eine ungewollte vollständige Entgasung schon vor dem Verbrennungsraum verhindert werden kann.

Da das Feststoff-Additiv selbst nicht brennbar ist, kann es aufgrund seiner besonderen Reaktionsfähigkeit verdampften Schwefel oder gasförmige Schwefelverbindungen bei dem vorgegebenen Verbrennungstemperaturspektrum so festhalten, daß eine Desorption nicht erfolgt. Von Vorteil ist dabei, daß Brenner, Schornstein und Rauchgasabzug aus weniger gutem Material bestehen können, da sie nicht — wie bisher — dem aggressiven SO₂-Einfluß ausgesetzt sind.

Das Gemisch aus nicht entgasten, aber von den Schwefelbestandteilen befreiten Kohleteilchen bzw. Brennstoffteilchen und Additivteilchen mit dem eingebundenen Schwefel gelangt in einem gut vorgewärmten Zustand in die Brennkammer und entzieht dem Flammenkegel dabei nicht so viel Wärmeenergie wie kalt eingeleitete Gemische aus Kohle-Partikeln und Additiv-Partikeln.

Erfindungsgemäß ist es möglich, eine nahezu vollwertige Entschwefelung fossiler Brennstoffe vor dem Brenner zu erreichen. Es kann unter besonderen Bedingungen auch eine Restentschwefelung des Brennstoffes in der Brennkammer selbst erfolgen. Besonders gute Ergebnisse erzielt man, wenn hochaktive schwefelbindende Additive verwendet werden, die mittels eines Turbodesintegrationsverfahrens aufbereitet sind.

Die Additive müssen mengenmäßig auf den jeweils verwendeten Brennstoff abgestimmt sein. In der Regel werden gute Ergebnisse erzielt, wenn dem Brennstoff wenigstens die vierfache Menge seines Schwefelgehaltes an frisch aufbereitetem hochaktiven Additiv, vorzugsweise Kalkstein- oder Branntkalkmehl mit einer Korngröße 50% unter 30 µ beigemischt wird. Erfindungsgemäß kann als Brennstoff Kohle verwendet werden, die in einem Turbodesintegrationsverfahren aufbereitet wird. Das Austreiben des Schwefels aus dem Brennstoff und die intensiven Reaktionen zwischen dem ausgetriebenen Schwefel und dem Additiv werden erfindungsgemäß dadurch gefördert, daß der Schwefelübertragungsprozeß in einer Wirbelzone stattfindet, deren Turbulenzen optimale Reaktionszonen aufbauen.

Die Anlage zum Erzielen SO_x-armer Rauchgase beim Betrieb von Feuerungsanlagen zur Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung, mit einer Einrichtung zum Injizieren von Mischungen aus Brennstoffen und feinteiligen Additiv-Partikeln in die Brennkammer und mit einer Entschungsanlage, durch die — mit der Asche — auch die mit dem Schwefel beladenen versinterten Additiv-Partikel abgeführt werden, weist ein als Zwischenspeicher für ein inniges Gemisch aus in getrennten Desintegrationsverfahren aufbereiteten Brennstoff- und Additiv-Partikeln ausgebildetes Drucksendegefäß auf. Dieses Drucksendegefäß ist einerseits an eine Leitung für verdichtetes, aufgeheiztes, inertes Transportgas und andererseits über eine Anordnung zum Beladen dieses Transportgases mit dem Gemisch aus Brennstoff- und Additiv-Partikeln über eine weitere Transportleitung an eine zum Verdampfen des Schwefels auf 500° bis 600°C aufheizbare Vorlaufstrecke angeschlossen. In dieser Vorlaufstrecke findet infolge der Querschnittserweiterung zwischen der Transportleitung und der Vorlaufstrecke eine schockartige Entspannung des Druckes statt. Hierdurch und dadurch, daß die Verweildauer des Gemisches in der Wirbelzone innerhalb der Vorlaufstrecke durch Drossel- bzw. Umlenkvorrichtungen und/oder Siebbleche steuerbar ist, ist man in der Lage, praktisch jeden Brennstoff nach der Erfindung zu entschwefeln.

Die Temperatur innerhalb der Vorlaufstrecke muß oberhalb der Gleichgewichtstemperatur von Schwefel und seinem Dampf, vorzugsweise zwischen 500°–600°C einstellt sein.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Anlage ergeben sich aus den Ansprüchen 16–28.

Alle Steuerventile, Mischventile, Dosier- bzw. Drosseleinrichtungen lassen sich elektrisch, aber auch pneumatisch oder hydraulisch, oder über einen Prozeßrechner betätigen, der den gesamten Prozeßablauf in Verbindung mit einem Rauchgasabzug installierten SO_2 -Meßgerät — gegebenenfalls auch in Verbindung mit einem in der Vorlaufstrecke installierten Thermometer — steuern kann.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung läßt sich eine optimale Entschwefelung des Brennstoffes ermöglichen, ohne daß vor der Brennkammer eine vollständige Entgasung der Kohle herbeigeführt wird. Die Parameter für den ordnungsgemäßen Ablauf des Entschwefelungsprozesses lassen sich erfindungsgemäß, beispielsweise der Kohle entsprechend — durch viele Steuer- bzw. Regelmittel optimal einstellen. Erfindungsgemäß sind daher geeignete Meßeinrichtungen, Auswerterschaltungen und Steuereinrichtungen vorgesehen, mit deren Hilfe sich die Reaktionstemperatur in der Vorlaufstrecke bzw. in den Reaktoren sowie der Druck optimal einjustieren lassen.

Ausführungsbeispiele

Ausführungsbeispiele von Anlagen nach der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1: ein prinzipielles Verfahrensfießbild und

Fig. 2: ein Verfahrensfießbild eines bevorzugten Ausführungsbeispieles der Erfindung.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Feuerungsanlage 1, von der eine Brennkammer 2 und ein Rauchgasabzug 6 vereinfacht dargestellt sind. Oberhalb der Brennkammer 2 ist beispielsweise eine Verdampfungsrohrleitung 3 angedeutet.

Eine Brenneinrichtung 4 wird über eine Verbrennungsluftzufuhrleitung 11 und ein Fördergebläse 12 auf übliche Weise mit Verbrennungsluft versorgt.

Unterhalb der Brennkammer 2 ist schematisch eine ansich bekannte Entschungsanlage 5 angedeutet.

Im Rauchgasabzug 6 sind ein Staubabscheider 7 und ein üblicher SO_2 -Messer 8 vorgesehen.

Der Brenneinrichtung 4 wird über eine Transportgasleitung 9 der erforderliche Brennstoff in Form von Gas bzw. Brennstoff-Partikeln aus einer Vorlaufstrecke 27 zugeführt, in welcher feinteiligen, vorzugsweise festen fossilen Brennstoffen der eingebundene Schwefel entzogen wird. Im dargestellten Ausführungsbeispiel weist die Vorlaufstrecke 27 eine Doppelwandung 28 auf, die über eine Heizgasleitung 26 und einen Wärmeaustauscher 25 in der Brennkammer 2 sowie über eine weitere Heizgasleitung 24 an einer Rauchgasentnahme 13 im Rauchgasabzug 6 angeschlossen ist. Über die Rauchgasentnahme 13 wird hinter dem Staubabscheider 7 inertes Rauchgas mittels eines Gebläses 15 entnommen, hinter dem sich die Rauchgasleitung 14 in die bereits erwähnte Heizgasleitung 24 und eine Transportgasleitung 16 aufteilt, die später erläutert wird.

Im Wärmetauscher 25 wird der Heizgasanteil der entnommenen Rauchgasmenge zum Aufheizen der Vorlaufstrecke 27 auf eine gewünschte Temperatur aufgeheizt. Normalerweise herrscht in der Vorlaufstrecke ein optimaler Druck und eine hinreichend hohe Temperatur, bei denen die Schwefelbestandteile aus dem Brennstoff ausgetrieben werden, ohne daß dabei der Brennstoff, beispielsweise die Kohle, entgast. Je nach Größe der Vorlaufstrecke 27 und des verwendeten Additivs zur Aufnahme der aus dem Brennstoff ausgetriebenen Schwefelanteile wird jedoch die Temperatur der Vorlaufstrecke 27 zwischen 500° und 600°C , also oberhalb der Siedetemperatur des Schwefels, gehalten. Die Einregulierung der jeweils benötigten Temperatur erfolgt mittels ansich bekannter Temperaturregler, die hier im einzelnen nicht erläutert werden.

Innerhalb der Vorlaufstrecke 27 und des durch die Doppelwandung 28 abgeteilten Reaktionsraumes ist ein ansich bekanntes Schwebe- Wirbel- bzw. Fließbett 29 angeordnet, welches über eine Einlaßleitung 30 und ein Steuerventil 31 an die Transportgasleitung 16 angeschlossen ist. Die durch das Gebläse 15 abgesaugte Rauchgasmenge gelangt über die Transportgasleitung 16 und einen Ansaugfilter 17 zu einem Verdichter 18 und anschließend über ein Steuerventil 23 über das Steuerventil 31 in die Einlaßleitung 30 bzw. über eine abgezweigte Leitung an einen Transportgaseinlaß 47 an einem Drucksendegefäß 44.

Parallel zum Steuerventil 23 ist ein Wärmetauscher 20 für das Transportgas vorgesehen, welcher — wie der Wärmetauscher 25 — in der Brennkammer 2 angeordnet sein kann. Mittels des Steuerventils 23 kann die Temperatur des Transportgases, welches für das Schwebe- Wirbel- bzw. Fließbett 29 abgezweigt wird und auch an den Transportgaseinlaß 47 gelangt, auf ansich bekannte Weise eingestellt bzw. gesteuert werden. Hierbei ist zu beachten, daß die dem Rauchgasabzug entnommenen entstaubten Rauchgase schon eine nicht unbeträchtliche Anfangstemperatur aufweisen. Das Transportgas braucht also nicht ab der relativ kalten Umgebungstemperatur aufgeheizt zu werden.

Von Vorteil ist, wenn für beide Zwecke die Temperatur des Transportgases zwischen 500° und 600°C eingestellt wird. Die Temperaturregelung erfolgt beispielsweise durch einen später erläuterten elektronischen Prozeßrechner 55.

Die durch die Einlaßleitung 30 in die Vorlaufstrecke 27 gelangenden Gase werden auf übliche, ansich bekannte Weise zur Bildung eines Schwebe- Wirbel- bzw. Fließbettes 29 verwendet, dessen Intensität durch das Steuerventil 31 beeinflusst werden kann.

Außerdem kann eine weitere sich bekannte Dosiervorrichtung 39 vorgesehen sein, mit der eine weitere Beeinflussung des Schwebe- Wirbel- bzw. Fließbettes innerhalb der Vorlaufstrecke 27, so beispielsweise des Druckes innerhalb der Vorlaufstrecke möglich ist.

Die innig vermischten Brennstoff- und Additiv-Partikel werden der Vorlaufstrecke 27 über eine Transportgasleitung 49 aus einem ansich bekannten Drucksendegefäß 44 mit einem Einlaßschieber 45 und einem Auslaßschieber 46 zum sicheren Absperren zugeführt, welches seinerseits über eine Förderleitung 42 an eine in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung nicht erläuterte, ansich bekannte Mischvorrichtung für Kohlenstaub- und Additivpartikel angeschlossen ist. Über eine Zusatzleitung 43 mit einem entsprechenden Steuerventil 48 kann in die Förderleitung 42 nach Bedarf zusätzlich Additiv eingeführt werden.

Von Vorteil ist, wenn vor dem Auslaßschieber 46 eine Drosselvorrichtung 38 vorgesehen ist.

Alle Steuerventile, vorzugsweise die Steuerventile 23, 31, 48, aber auch die Drosselvorrichtung 38, können beispielsweise über einen allgemein mit 55 bezeichneten elektronischen Prozeßrechner von dem SO_2 -Messer 8 im Rauchgasabzug 6, gegebenenfalls auch durch die Temperatur in der Vorlaufstrecke, beeinflusst werden, so daß sich die Reaktionen in der Vorlaufstrecke, d. h. die Entschwefelung des Brennstoffes und die Einbindung der Schwefelbestandteile in die Additiv-Partikel, voll unter Kontrolle des elektronischen Prozeßrechners 55 abspielen.

Sollten beispielsweise die SO_2 -Werte ansteigen, kann über das Steuerventil 48 mehr Additiv dem Gemisch in der Leitung 42 zugesetzt werden. Durch ein beispielsweise in der Vorlaufstrecke 27 angeordnetes Thermometer 21 läßt sich die Temperaturführung über den elektronischen Prozeßrechner 55 beeinflussen, in dem diese auf die Steuerventile 23 und/oder 31 einwirkt. Der elektronische Prozeßrechner 55 steht auch mit den Dosiervorrichtungen 38, 39 in Wirkverbindung, um die

Verweilzeit in der Vorlaufstrecke 27 zu beeinflussen. Ohne am Kern der Erfindung etwas zu ändern, kann die Steuerung bzw. Regelung der Brennstoffentschwefelung vor dem Verbrennungsraum 2 auch durch andere Regelanstöße oder auch von Hand erfolgen. Vor und hinter der Vorlaufstrecke 27 sind eine Dosiervorrichtung 34 und ein Drosselventil 59 vorgesehen, die ebenfalls an den elektronischen Prozeßrechner 55 angeschlossen sind. Mit diesen Organen läßt sich präzise die Verweildauer in der Vorlaufstrecke 27, aber auch der Innendruck einregeln.

In Fig. 1 ist ein ganz allgemeines Verfahrensfießbild zur Erläuterung des neuen Verfahrens zur Entschwefelung von Brennstoff und einer dafür geeigneten Vorrichtung dargestellt. Wichtig ist, daß zwischen der Vorlaufstrecke 27 und der Brennereinrichtung 4 kurze Leitungen vorgesehen sind, damit sich der Brennstoff und das Additiv nicht wieder abkühlen. Das Fließbild gemäß Fig. 1 läßt erkennen, daß sich mit relativ einfachen Mitteln das neue Brennstoff-Entschwefelungsverfahren mit Hilfe der erläuterten Vorrichtung im Vorteil sowohl an neuen Feuerungsanlagen, aber auch an vorhandenen Feuerungsanlagen 1 einsetzen läßt. In allen Anwendungsfällen erfolgt eine weitgehende bis vollständige Entschwefelung der Brennstoffpartikel vor der Brennereinrichtung 4. Hierdurch werden die SO₂-Immissionen im Verbrennungsraum und im Rauchgasabzug 6 sowie die dadurch bedingten Verschmutzungen und Zerstörungen dieser Teile der Kesselanlage auf ein Mindestmaß herabgesetzt bzw. ganz vermieden. Ein Abblasen von SO₂ an die Atmosphäre findet nicht statt.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer Anlage nach der Erfindung wird nun in Verbindung mit einem Verfahrensfießbild gemäß Fig. 2 erläutert.

Soweit in einer Anlage nach Fig. 2 die gleichen Vorrichtungsteile wie in der Anlage nach Fig. 1 eingesetzt werden, und sich auch die entsprechenden Umsetzungen o. dgl. abspielen, wird auf die vorangehende Beschreibung verwiesen.

Neu gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel ist, daß in der Transportgasleitung 16 hinter dem Verdichter 18 ein Vorratsbehälter 19 für verdichtetes Transportgas vorgesehen ist, an dessen Ausgang ein Steuerventil 54 für das Transportgas angeschlossen ist. In dem an das Steuerventil 54 angeschlossenem Teil der Transportgasleitung 16 kann ein Sauerstoffmesser 56 vorgesehen sein, der, wenn der Sauerstoffgehalt in der Fördergasleitung 16 zu hoch wird, über ein Steuerventil 51 einer Inertgasquelle 50 zu- und abschaltet, um mehr oder weniger Inertgas in die Transportgasleitung 16 einzuschleusen. Hierdurch wird sichergestellt, daß sich das Gemisch aus Brennstoff- und Additivpartikeln nicht vor oder in der Vorlaufstrecke entzünden kann.

Hinter einem weiteren Steuerventil 52 teilt sich die Transportgasleitung 16. Eine Bypassleitung 41 ist über eine Heizeinrichtung 37 geführt, in der das Fördergas aufgeheizt wird.

Über ein Mischventil 53 zweigt eine Leitung 40 für normal temperiertes Fördergas ab, welche sich mit der Bypassleitung 41 vor dem Transportgaseinlaß 47 in das Drucksendegefäß 44 wieder vereint. Das Steuerventil 52 und das Mischventil 53 lassen sich durch den vom SO₂-Messer 8 beeinflussbaren elektronischen Prozeßrechner 55 betätigen, um die Temperatur des Transportgases für die innig vermischten Brennstoff- und Additiv-Partikel einzustellen. Die Heizeinrichtung 37 kann in der Brennkammer 2 angeordnet sein. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist sie in einer Doppelwand 36 eines Wirbelbett-Reaktors 32 eingebaut, die über die Heizgasleitung 26 aufgeheizt wird, in der ein Regulierventil 58 vorgesehen ist, welches beispielsweise von einem Thermometer 57 im Wirbelbett-Reaktor 32 steuerbar ist.

Die Temperatur im Wirbelbett-Reaktor wird in Abhängigkeit von den jeweils verfeuerten Brennstoffen eingestellt. Prinzipiell muß die Temperatur so hoch eingeregelt werden, daß mit Sicherheit die Schwefelbestandteile aus den Brennstoffpartikeln entweichen. Von Vorteil ist, wenn die Temperatur innerhalb des Wirbelbett-Reaktors oberhalb des Siedepunktes von Schwefel liegt. Rasche und gute Ergebnisse lassen sich erzielen, wenn die Temperatur innerhalb des Wirbelbett-Reaktors zwischen 500° und 600°C eingehalten wird.

Ein Einlaß 33 des Wirbelbett-Reaktors 32 ist über eine an den Prozeßrechner 55 angeschlossene Dosiervorrichtung 34 und/oder eine Dosiervorrichtung 39 und über die Transportgasleitung 49 an den Auslaß des Drucksendegefäßes 44 angeschlossen. Innerhalb des temperaturgeführten Wirbelbett-Reaktors 32 ist eine Drossel- bzw. Umlenkeinrichtung 38 angeordnet, hinter der sich ein Wirbelbett 35 aus dem mit den innig vermischten Brennstoff- und Additivpartikeln beladenen Transportgas ausbildet. Im Wirbelbett werden die Schwefelbestandteile aus dem Brennstoff ausgetrieben und vom Additiv aufgenommen. Die hierfür erforderliche Verweilzeit läßt sich über die Dosiervorrichtung 34 und/oder über die Dosiervorrichtung 39, aber auch mit Hilfe eines Drosselventiles 59 hinter der Vorlaufstrecke 27, beispielsweise von dem elektronischen Prozeßrechner 55 einstellen. Infolge der Temperaturführung, des schockartig absinkenden Druckes und der einstellbaren Verweilzeit belädt sich das Additiv mit den Schwefelbestandteilen. Sollten die Schwefelbestandteile, die aus dem Brennstoff ausgetrieben worden sind, nicht mit dem erforderlichen Umfang vom Additiv aufgenommen werden, würden sich bei der Verbrennung im Feuerungsraum SO₂-Bestandteile bilden, die vom SO₂-Messer angezeigt werden. Dieser veranlaßt dann, daß entweder über das Steuerventil 48 mehr Additiv-Pulver in die Leitung 42 eingegeben wird, daß die Verweilzeit in dem Wirbelbett-Reaktor verlängert, die Reaktionstemperatur erhöht, oder aber der Druckunterschied zwischen der Transportleitung 49 und der Vorlaufstrecke 27 verändert werden.

In die Förderleitung 42 für die innig vermischten Brennstoff- und Additivpartikel kann über eine Zusatzleitung 43 und über ein Steuerventil 48 eine zusätzliche Menge Additivpartikel eingegeben werden. Das Steuerventil 48 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel ebenfalls an den elektronischen Prozeßrechner 55 angeschlossen, um stets den für die Entschwefelung notwendigen Überschuß an Additivpartikeln im Gemisch sicherzustellen. Von Vorteil ist, wenn wenigstens die vierfache Menge des im Brennstoff eingebundenen Schwefels an Additivpartikeln für die Einbindung der Schwefelbestandteile zur Verfügung steht.

Ohne am Kern der Erfindung etwas zu ändern, können die in den Fig. 1 und 2 dargestellten Anlagen auch miteinander kombiniert werden, wenn es der verwendete Brennstoff erfordert, daß hinter dem Wirbelbett-Reaktor 32 in einer Reaktionsstrecke 27 eine Restschwefelung des Brennstoffes vorgenommen werden muß, bevor in der Brennkammer 2 eine schädliche Verbrennung des Schwefels zu SO₂ erfolgt. Von großem Vorteil ist, wenn als Brennstoff Kohlenstaubpartikel eingesetzt werden, die beispielsweise mittels des Turbo-Desintegrationsverfahrens mit Prallgeschwindigkeiten von über 100 m/sec und einer Korngröße möglichst 50 µ unter 40 µ aus Kohle aufbereitet worden sind. Besonders gute Ergebnisse erzielt man, wenn die Aufbereitung der Kohlepartikel bei Prallgeschwindigkeiten über 200 m/sec erfolgen. Hierdurch erreicht man hinsichtlich des Austreibens der Schwefelbestandteile bei den angegebenen Temperaturen eines „hochaktiven“ Kohlebrennstoffs. Die Kohlepartikel-Oberflächen sind nicht — wie beispielsweise bei einer Zerkleinerung der Kohle in Kugelmöhlen — verdichtet, sondern zur Vorbereitung einer wirkungsvollen Entschwefelung „aufgebrochen“. Die in den Vorlaufstrecken nach der Erfindung praktizierte Temperaturführung bewirkt lediglich ein Austreiben der Schwefelbestandteile, nicht aber eine Entgasung des Brennstoffes.

Über die kurzen Strecken zwischen den Vorlaufstrecken und dem Brennerraum in den Kesselraum 2 geführten Brennstoffpartikel sind demnach nicht verkocht, sondern vollwertiger, vom Schwefel befreiter Brennstoff.

Hochaktive schwefelbindende Additive, beispielsweise Kalksteinmehl, Branntkalkmehl oder Calciumhydroxid-Pulver erhält man ebenfalls durch eine Aufbereitung dieser Additive mittels des Turbo-Desintegrationsverfahrens bei hohen Aufprallgeschwindigkeiten bis über 200 m/sec. Bei dieser Aufbereitung erzielt man Korngrößen von 50% über 30 μ . Die Additivpartikel haben nicht, wie bei einer Zerkleinerung in Kugelmühlen, eine verdichtete Oberfläche, sondern das Additiv ist hochaktiv und kann sich bei den eingehaltenen Temperaturen und während der einstellbaren Verweilzeit mit den ausgetriebenen Schwefelbestandteilen sättigen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung läßt es zu, ohne Schwierigkeiten auf unterschiedliche Brennstoffe eingestellt zu werden. Man ist imstande, die Bestandteile von Brennstoffpartikeln und Additivpartikeln im Gemisch zu variieren und auch die Temperaturführung und die Verweilzeit in den Vorlaufstrecken optimal an den Brennstoff und seinen Schwefelgehalt anzupassen. Durch Entnahme des Transportgases aus dem Rauchgasabzug 6 steht schon sauerstoffarmes Gas für die pneumatische Förderung zur Verfügung. Das Gemisch kann sich nicht entzünden. Sollte der Sauerstoffgehalt im Transportgas gleichwohl die aus Sicherheitsgründen einzuhaltenden Werte überschreiten, kann dem dem Raumgasabzug entnommenen Transportgas zusätzlich Inertgas beigegeben werden.

Bevor der so behandelte Brennstoff im Verbrennungsraum verbrennt, ist ihm praktisch aller Schwefel entzogen, so daß im Verbrennungsraum SO₂ nicht gebildet werden kann.

Für beide Ausführungsbeispiele der Erfindung gilt ganz allgemein noch das Folgende:

Der Brennstoff und das Additiv werden in getrennten Desintegrationsverfahren aufbereitet. Dabei erfolgt die Aufbereitung bzw. Zerkleinerung des Brennstoffes in einer Inertgasatmosphäre, vor allem um eine Selbstentzündung des Brennstoffes zu verhindern. Die Aufbereitung der Additive hingegen erfolgt in normaler Luft- bzw. Sauerstoffatmosphäre, in der sich Sauerstoff an die Additiv-Partikel anlagern kann, der wesentlich zur Aktivierung der Additiv-Partikel beiträgt und eine Anbindung der Schwefelbestandteile an das Additiv fördert.

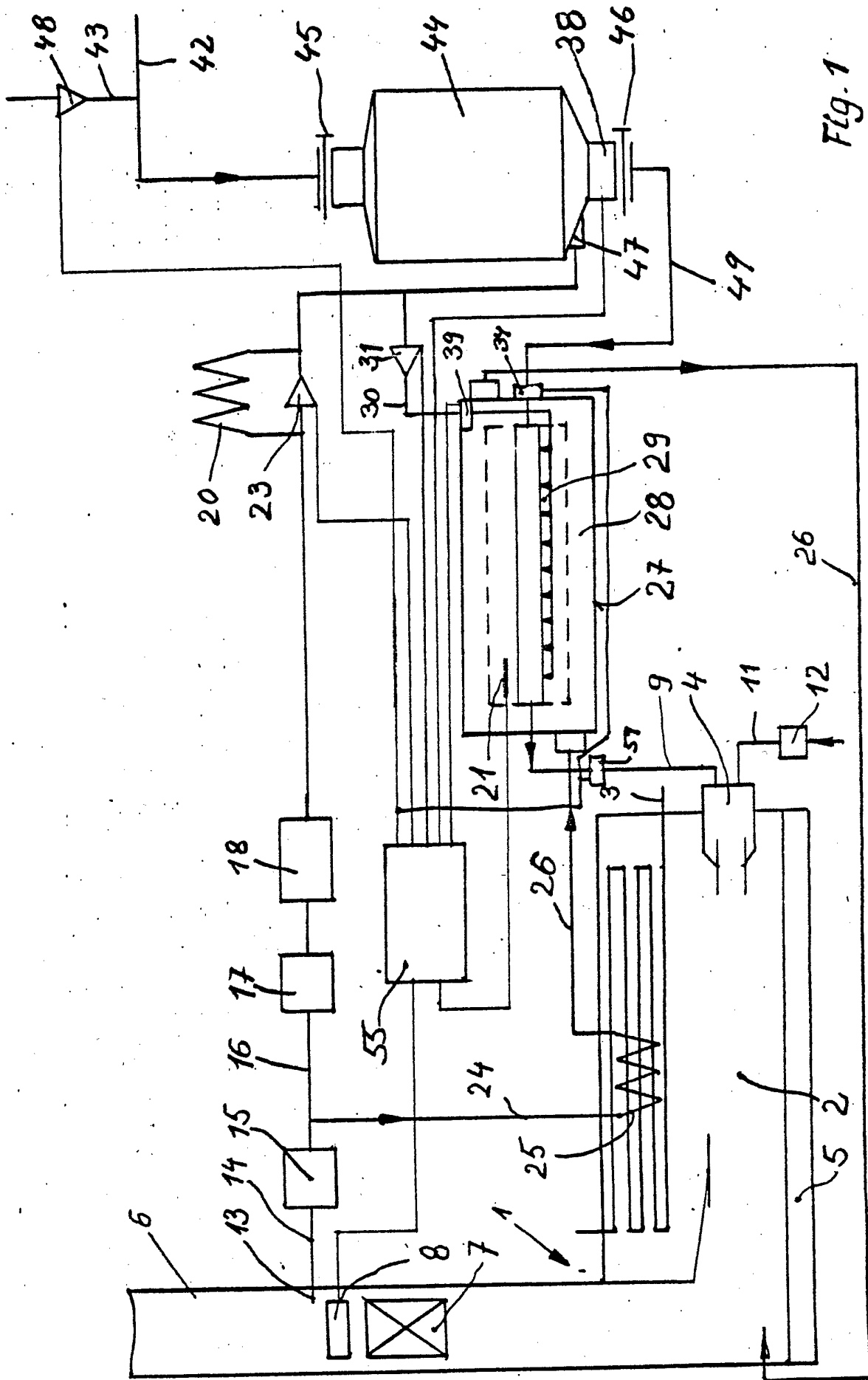


Fig. 1

