

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 780 459 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
25.06.1997 Patentblatt 1997/26

(51) Int. Cl.⁶: **C10J 3/54**, C10J 3/56

(21) Anmeldenummer: 96118067.6

(22) Anmeldetag: 12.11.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FI GR SE

(30) Priorität: 22.12.1995 DE 19548324

(71) Anmelder: Rheinbraun Aktiengesellschaft
50935 Köln (DE)

(72) Erfinder:
• Meyer, Bernd, Prof. Dr.
09599 Freiberg (DE)

- Adlhoch, Wolfgang H., Dr.
53913 Swistal (DE)
- Mittelstädt, Alfred Gustav
50374 Erftstadt-Köttingen (DE)
- Karkowski, Georg
50935 Köln (DE)
- Schumacher, Ingo
50735 Köln (DE)

(74) Vertreter: Koepsell, Helmut, Dipl.-Ing.
Frankenforster Strasse 135-137
51427 Bergisch Gladbach (DE)

(54) **Verfahren zum Vergasen von kohlenstoffhaltigen Feststoffen in der Wirbelschicht sowie dafür verwendbarer Vergaser**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vergasen von kohlenstoffhaltigen Feststoffen mit gasförmigen, sauerstoffhaltigen Vergasungsmitteln sowie einen dafür geeigneten, zylinderförmigen Wirbelschichtvergaser. Der größere Teil der Wirbelschicht befindet sich in einem unteren Abschnitt des Reaktionsraumes des Wirbelschichtvergasers, der die Form eines Kegelstumpfes aufweist. In den kegelstumpfförmigen Abschnitt werden gasförmige Vergasungsmittel und gegebenenfalls zu vergasende Feststoffe sowie rückgeführte Feststoffe eingeführt. Die Zufuhr des Vergasungsmittels und eventueller anderer gasförmiger Medien wird so eingestellt, daß in jeder horizontalen Querschnittsebene der Wirbelschicht ein im wesentlichen gleichmäßiges, radiales Strömungsprofil der Gasströmung in der Wirbelschicht erzeugt wird und die mittlere Geschwindigkeit der Gasströmung in Richtung der Längsachse des Reaktionsraumes zumindest im Bereich des Wirbelbetts konstant ist oder geringfügig ansteigt. Die Höhe des kegelstumpfförmigen Abschnittes beträgt zwischen dem 1 und 6-fachen des Durchmessers des zylindrischen Abschnittes des Reaktionsraumes. Der innerhalb des unteren Abschnittes befindliche Teil wird von einem anderen Teil der Wirbelschicht, der sich im zylindrischen Reaktionsraum befindet, überdeckt, wobei die Höhe dieser Überdeckung bis zum 2-fachen des Durchmessers des Nachreaktionsraumes beträgt.

EP 0 780 459 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1 sowie einen Vergaser gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 15.

Die kohlenstoffhaltigen Feststoffe werden unter erhöhtem Druck in einem Wirbelbett unter Verwendung von endotherm und exotherm reagierenden Vergasungsmitteln vergast, wobei oberhalb des Wirbelbettes ein Nachvergasungsraum und unterhalb des Wirbelbettes ein Festbett aus den Vergasungsrückständen, dem sogenannten Bodenprodukt, vorhanden ist und Brennstoffe in das Wirbelbett eingeführt und feste Vergasungsrückstände aus dem Festbett abgezogen werden und das erzeugte Gas aus dem Nachvergasungsraum heraus- und durch einen Abscheider geführt wird, in welchem wenigstens ein Teil der im erzeugten Gas mitgeführten Feststoffteilchen abgeschieden und über eine Rückführleitung in den Vergaser zurückgeführt wird, während das Produktgas in zumindest vorgereinigtem Zustand den Abscheider verläßt.

Ein solcher Vergaser, der als Hoch-Temperatur-Winkler-Vergaser (HTW) ausgebildet sein kann, wird z. B. in Abhängigkeit von der Beschaffenheit der zu vergasenden Materialien bei einer Temperatur zwischen etwa 600° und 1300° C und unter einem Überdruck von bis zu 30 bar und mehr betrieben. Bei diesen kohlenstoffhaltigen Materialien kann es sich um Kohle (Braunkohle und/oder Steinkohle), Biomassen, kohlenstoffhaltige Reststoffe, z. B. Klärschlämme, Kunststoffe sowie auch um Mischungen von wenigstens zwei dieser Stoffe handeln.

Die bisher gebauten HTW-Vergaser können mit einer thermischen Leistung bis zu 140 MW betrieben werden. Für Kombinationskraftwerke - das sind thermische Verbundkraftwerke mit gekoppelter Gas- und Dampferzeugung und Umwandlung von Gas und Dampf in elektrische Energie - sind aber HTW-Vergaser vorgesehen, die eine wesentlich höhere thermische Leistung haben, die beispielsweise bis 900 MW erreichen kann. Bei einer auf den freien Vergaserquerschnitt der Nachvergasungszone bezogenen Leistungsdichte werden 50 MW/m² und mehr angestrebt. Derzeit sind etwa 25 MW/m² realisiert.

Die angestrebten Leistungsdichten sind jedoch nur bei einer möglichst gleichmäßigen Verteilung der zu vergasenden Feststoffe und der gasförmigen Vergasungsmittel insbesondere in der Wirbelschicht sowie die Einhaltung von konstant hohen Vergasungstemperaturen über die Höhe der Wirbelschicht zu erreichen. Mit zunehmender Homogenität der Wirbelschicht nimmt die Gefahr der Bildung von überhitzten Bereichen sowie von unregelmäßig entstehenden Blasen unterschiedlicher Größe und Verteilung ab, so daß die beispielsweise im Hinblick auf die Beschaffenheit der Asche der zu vergasenden Feststoffe einzuhaltenden Temperaturen in Teilbereichen des Wirbelbettes auch dann nicht überschritten werden, wenn die Temperatur im Wirbelbett dicht an der jeweils zulässigen Maximaltemperatur

liegt. Dies begünstigt das Erreichen einer hohen thermischen Leistung. Zum anderen führt ein homogenes Wirbelbett zu einer Verringerung der Bildung von unerwünschten gasförmigen Spurstoffen im Rohgas, beispielsweise Benzol, Naphtalin und andere Kohlenwasserstoffe, so daß auch der Aufwand zur Entfernung dieser Spurstoffe in der nachgeschalteten Gasreinigung entsprechend geringer wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Vergasen von festen kohlenstoffhaltigen Materialien unter Verwendung von exothermen und endothermen Vergasungsmitteln und den dazu verwendeten Vergaser verfügbar zu machen, bei welchem hohe Vergasungswirkungsgrade und hohe Leistungsdichten bei niedrigen Spurstoff-Konzentrationen im Roh-Produktgas erreicht werden können.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale im Kennzeichen des Anspruches 1 bzw. des Anspruches 15 gelöst.

Das im wesentlichen gleichmäßige radiale Strömungsprofil der Gase in der Wirbelschicht wird durch eine entsprechende Einstellung und Verteilung der in die Wirbelschicht eingeblasenen Vergasungsmittel und ggf. auch zusätzlich eingeblasener gasförmiger Medien, beispielsweise rückgeführtes Produktgas, das beispielsweise in der Gasreinigung abgezweigt wird, eingestellt. Dabei ist selbstverständlich eine absolute Gleichmäßigkeit des radialen Strömungsprofils nicht erreichbar, zumal die Strömungsgeschwindigkeit in unmittelbarer Nähe der Wandung des Reaktionsraumes ohnehin merklich geringer ist. Entsprechendes gilt für die mittlere Geschwindigkeit der Gasströmung in Richtung der Längsachse des Wirbelschichtvergasers, die konstant ist oder nur geringfügig ansteigt. Jedoch wird die Homogenität entscheidend verbessert, da bei Annäherung an ein gleichmäßiges radiales Strömungsprofil und an die genannten Bedingungen für die Geschwindigkeit der Gasströmung in axialer Richtung ungleichmäßige Strömungsverhältnisse in der Wirbelschicht weitestgehend vermieden werden, die beispielsweise die Segregation von spezifisch schwereren Mineralbestandteilen zur Folge haben können, welche Tatsache zu einem Absinken der Temperatur im unteren Bereich der Wirbelschicht führen kann. Weiterhin werden bei der durch die Erfindung angestrebten Homogenität der Wirbelschicht merkliche Schwankungen der Höhe der Wirbelschicht im Reaktionsraum vermieden oder doch zumindest sehr stark reduziert. Beim Ansteigen der Wirbelschicht innerhalb des Reaktionsraumes im Verlauf derartiger Schwankungen wird mehr kohlenstoffhaltiger Staub aus dem Reaktionsraum ausgetragen mit der Folge einer Verringerung des C-Vergasungsgrades, wodurch der Gesamtwirkungsgrad des Verfahrens ebenfalls eine Verringerung erfährt. Eine homogene Wirbelschicht gemäß der Erfindung vermeidet bei Vorliegen normaler Betriebsbedingungen auch das Auftreten lokaler Strömungssträhnen mit deutlich höheren Strömungsgeschwindigkeiten sowie wenig bewegter oder toter Zonen. Das Vermeiden derartiger Strö-

mungszustände bewirkt ebenfalls einen besseren Austausch der im Wirbelbett befindlichen gasförmigen und festen Komponenten quer zur Längsachse des Reaktionsraums des Vergasers, welche Tatsache ebenfalls zur Erzielung einer höheren Leistungsdichte beiträgt.

Durch das gleichmäßige radiale Geschwindigkeitsprofil im Sinne einer gleichmäßigen Geschwindigkeit und die annähernd gleichbleibende Gasgeschwindigkeit in axialer Richtung führt dazu, daß die Feststoffkonzentration in der Wirbelschicht im wesentlichen konstant ist. Dadurch werden ebenfalls unerwünschte Segregationseffekte zumindest merklich reduziert. Die obere Begrenzung der Wirbelschicht sollte unterhalb der unteren Ebene im Nachvergasungsraum liegen, in welcher Vergasungsmittel in den Nachvergasungsraum eingeführt wird. Oberhalb der Wirbelschicht, also im Nachvergasungsraum, erfolgt eine deutliche Erhöhung der Gasgeschwindigkeit in axialer Richtung. Diese Geschwindigkeit kann ggf. noch dadurch erhöht werden, daß Vergasungsmitteldüsen vorgesehen sind, deren Mündung so ausgerichtet ist, daß das austretende gasförmige Medium eine vertikal nach oben gerichtete Strömungskomponente aufweist.

Die angestrebte Homogenität des Wirbelbettes wird im allgemeinen dadurch begünstigt, daß Vergasungsmittel in wenigstens zwei einen horizontalen Abstand voneinander aufweisenden Ebenen in das Wirbelbett eingeführt werden, wobei Anzahl und Verteilung der einzelnen Zufühdüsen über den Umfang des Reaktionsraumes und auch der Abstand der beiden Ebenen voneinander von den jeweiligen Gegebenheiten, beispielsweise Beschaffenheit der zu vergasenden kohlenstoffhaltigen Materialien, wie Korngröße, Korngrößenverteilung, C-Gehalt oder dgl., abhängen können. Selbstverständlich ist es auch möglich, die Zuleitung von Vergasungsmitteln in das Wirbelbett in mehr als zwei einen vertikalen Abstand voneinander aufweisenden Ebenen durchzuführen. Allerdings ist zu bedenken, daß in bezug auf die angestrebte Homogenität des Wirbelbettes jede Vergasungsmittelzufuhr in das Wirbelbett hinein eine Störgröße darstellt, so daß es darauf ankommen wird, zwischen angestrebter Homogenität und unvermeidbarer Störung des Wirbelbettes durch die Zuführung von Vergasungsmitteln einen Kompromiß zu finden, der sich einem Optimum nähert. Dadurch, daß die Vergasungsmittel durch in der Wandung des Reaktors angeordnete Düsen, die, wenn überhaupt, mit ihrem Ausströmen nur wenig von der Wandung des Reaktionsraumes in letzteren hineinragen, in das Wirbelbett eingeblasen werden, können Einbauten im Reaktor im Bereich des Wirbelbettes vermieden werden, welche Tatsache ebenfalls die Homogenität desselben begünstigt. Entsprechendes gilt für das Einführen der zu vergasenden frischen Materialien und der rückgeführten Feststoffe in das Wirbelbett.

Es ist zweckmäßig, beide Materialien in Wandnähe in das Wirbelschicht einzuführen, und zwar ggf. an zwei einander gegenüberliegenden Stellen in derselben

Ebene, um auch die durch das Einführen der festen Materialien bedingten Störungen des Wirbelbettes so gering wie möglich zu halten. Bei Eintragen von mehr als zwei Materialströmen in den Reaktionsraum können die Eintragsstellen vorteilhafterweise symmetrisch über den Umfang des Reaktionsraumes verteilt sein. Allerdings kann es unter Umständen auch erforderlich sein, die zu vergasenden frischen Materialien und den rückgeführten Feststoff an Stellen in die Wirbelschicht einzuführen, die parallel zur Längsachse des Reaktionsraumes einen Abstand voneinander aufweisen. Dies wird insbesondere dann der Fall sein, wenn die Größe des Vergasers, insbesondere dessen Umfang, im Bereich der Eintragsstellen nicht genügend Platz bietet, um alle für das Eintragen notwendigen Einrichtungen, Armaturen usw. in einer Ebene unterzubringen. Das Eintragen der festen Materialien an der das Wirbelbett begrenzenden Wandung des Reaktionsraumes hat zudem den Vorteil, daß die eingetragenen festen Materialien sich zunächst in unmittelbarer Nähe der Wandung nach unten bewegen, bevor sie sich mit den im Wirbelbett befindlichen Feststoffteilchen intensiv vermischen. Diese nach unten gerichtete Bewegung ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, daß, wie bereits erwähnt, in unmittelbarer Nähe der Wandung die Geschwindigkeit aufgrund der Reibung zwischen Wandung und Gas geringer ist. Sie erhöht die Verweilzeit derselben und damit die Umsatzrate des festen Kohlenstoffes in der Wirbelschicht.

Diese Zusammenhänge lassen es auch zweckmäßig erscheinen, die wenigstens eine Ebene, in welcher die festen Materialien in das Wirbelbett eingetragen werden, in einem Mindestabstand unterhalb der oberen Begrenzungsfläche des Wirbelbettes anzuordnen, wobei dies auch die Homogenität jedenfalls im oberen Bereich des Wirbelbettes begünstigt, die von besonderer Bedeutung ist auch im Hinblick auf das Bestreben, die Menge des aus der Wirbelschicht mit dem Gas nach oben, also in den Nachreaktionsraum, ausgetragenen feinstkörnigen Feststoffes ein bestimmtes Maß nicht überschreiten zu lassen.

Üblicherweise werden halbe Kegelwinkel in der Größe zwischen 6° und 10° gewählt. Bei dieser Ausgestaltung kann das für den möglichst weitgehenden Reaktionsumsatz notwendige Wirbelschichtvolumen überwiegend in dem für die Vergasungsvorgänge günstigen, kegelstumpfförmigen unteren Abschnitt des Reaktionsraumes untergebracht werden, so daß der obere Bereich der Wirbelschicht nur um ein geringes Maß in den zylindrischen Abschnitt des Reaktionsraumes hineinreicht.

Bezüglich des Eintragens der rückgeführten Feststoffe in die Wirbelschicht ist es vorteilhaft, daß die Rückföhrleitung unter einem Winkel zwischen 10° und 30° gegenüber der inneren Wandung des kegelstumpfförmigen unteren Abschnittes des Wirbelschichtvergasers geneigt ist. Eine besonders intensive Vermischung der rückgeführten Feststoffe mit den in der Wirbelschicht befindlichen Feststoffen kann dadurch erreicht

werden, daß die rückgeführten Feststoffe mit einem der Wandneigung folgenden Eintragsimpuls in die Wirbelschicht eingetragen werden. Dazu könnte z. B. die in der DE-OS 36 17 802 der Anmelderin offenbarte Einrichtung verwendet werden.

Als geeignete Eintragsorgane für die Feststoffe können Eintragschnecken, unter der Wirkung der Schwerkraft arbeitende Schrägrohre und pneumatisch betriebene Eintragsorgane verwendet werden, wobei an demselben Vergaser unterschiedliche Eintragsorgane vorgesehen sein können. Bei mehreren Einmündungen für den Eintrag der zu vergasenden Feststoffe ist eine symmetrische Verteilung der Eintragsstellen ggf. einschließlich der Eintragsstelle für die rückgeführten Feststoffe vorteilhaft, um eine gleichmäßige Beschickung über den Umfang zu erreichen.

Die Düsen der ersten Düsenebene oberhalb der Wirbelschicht zur Zuführung von gasförmigem Vergasungsmittel innerhalb des zylindrischen oberen Abschnittes des Reaktionsraumes, der beispielsweise einen Durchmesser in der Größenordnung von 2 m haben kann, sind vorzugsweise leicht nach unten in Richtung auf die Wirbelschicht geneigt. Die auf diese Weise bewirkte vertikal nach unten gerichtete Strömungskomponente des eingeblasenen gasförmigen Mediums wirkt der vorherrschenden nach oben gerichteten axialen Gasströmung entgegen, wodurch ein Teil des aus der Wirbelschicht austretenden Feststoffes wieder in die Wirbelschicht zurückbewegt wird. Dies hat eine Verlängerung der Reaktionszeit und damit eine Verbesserung des Reaktionsumsatzes zur Folge. Düsen einer ggf. darüber angeordneten weiteren Düsenebene im Nachreaktionsraum können mit ihren Mündungen nach oben gerichtet sein, um durch die dadurch bewirkte vertikal nach oben gerichtete Strömungskomponente die Gasgeschwindigkeit im oberen Bereich des Nachvergasungsraumes zu erhöhen.

Um hohe C-Vergasungsgrade zu erreichen, ist eine Mindestverweilzeit des C-haltigen Feststoffes in der Wirbelschicht erforderlich. Die Verweilzeit der Feststoffteilchen in der Wirbelschicht ist im wesentlichen vom Volumen, welches die Wirbelschicht einnimmt, abhängig. Ein größeres Wirbelschichtvolumen bei gleichem Durchmesser des zylindrischen Abschnittes wird erreicht, wenn der halbe Kegelwinkel verringert wird und die Höhe des Kegelstumpfes - und damit einhergehend die Höhe der Wirbelschicht - vergrößert wird. Dabei kann es vorteilhaft sein, den halben Kegelwinkel des kegelstumpfförmigen Abschnittes des Reaktionsraumes so zu wählen, daß die Wirbelschicht mit maximal dem 2-fachen Durchmesser des zylindrischen oberen Abschnittes überdeckt ist. D.h., daß der Abschnitt des Wirbelbettes, der sich in dem zylindrischen Bereich des Reaktionsraumes befindet, eine axiale Erstreckung aufweist, die maximal dem 2-fachen Durchmesser des zylindrischen oberen Abschnittes entspricht. Bei einem Durchmesser von 2 m dieses zylindrischen Abschnittes kann die Überdeckung beispielsweise 3 m betragen.

Einsatzstoffe mit niedrigerer Reaktionsfähigkeit, z. B. Steinkohle, benötigen eine größere Mindestverweilzeit für einen vollständigen Umsatz und damit bei im übrigen gleichen Bedingungen ein größeres Wirbelschichtvolumen als reaktionsfreudigere Einsatzstoffe, z. B. Braunkohle. Allerdings ist die Geschwindigkeit, mit welcher der C-fix-Anteil der Feststoffe im Vergaser umgesetzt wird, auch vom Partialdruck der exothermen und endothermen Vergasungsmittel - hauptsächlich O_2 , H_2O , CO_2 - abhängig. Wird der Partialdruck der Vergasungsmittel im Vergaser durch Druckabsenkung und/oder durch Inertgas-Anteile gesenkt, ist eine höhere Mindestverweilzeit erforderlich.

Bei der Vergasung von reaktiver Braunkohle ist es zweckmäßig, einen halben Kegelwinkel zu wählen, der zwischen 6° und 10° liegt.

Das Verfahren gemäß der Erfindung kann unter Verwendung von Luft zur Bereitstellung des erforderlichen exothermen Vergasungsmittels durchgeführt werden. Es ist aber auch möglich, ein Gemisch aus O_2 einerseits und Luft andererseits, d.h., angereicherte Luft, oder Gemische aus O_2 und anderen Vergasungsmitteln zu verwenden.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher beschrieben. Es zeigen jeweils schematisch in starker Vereinfachung

- Fig. 1 einen Längsschnitt durch den unteren Bereich eines Wirbelschicht-Vergasers,
- Fig. 2 radiale Strömungsprofile der axialen Gasströmung in der Wirbelschicht,
- Fig. 3 einen Horizontalschnitt durch den unteren Bereich eines Wirbelschichtvergasers etwa in der Ebene III-III der Fig. 1.

Der in der Zeichnung dargestellte HTW-Vergaser 1 ist mit einem oberen zylindrischen Abschnitt 2 mit dem Innendurchmesser d versehen. An den oberen Abschnitt 2 schließt der untere Abschnitt 3 an, der die Form eines umgekehrten Kegelstumpfes aufweist. Sein größter Durchmesser entspricht dem Durchmesser d des oberen zylindrischen Abschnittes 2. Sein kleinster Durchmesser 4 wird vom Querschnitt der beiden Einrichtungen 5 für den Bodenabzug bestimmt. Daraus ergibt sich bei vorgegebenem halbem Kegelwinkel 11 eine bestimmte axiale Länge h für den unteren Abschnitt 3 des HTW-Vergasers 1.

Etwa auf halber Höhe $h/2$ mündet seitlich ein Eintrag 6 in den unteren Abschnitt 3, über den der kohlenstoffhaltige Feststoff 7 in die Wirbelschicht 8 eingetragen wird. Gegenüber dem Eintrag 6 und auf gleicher Höhe von etwa $h/2$ mündet die Rückführleitung 9 in den unteren Abschnitt 3. Über die Rückführleitung 9 wird in einem Zyklon oder dgl. aus dem Produktgas abgeschiedener Staub 10 in die Wirbelschicht 8 zurückgeführt. Wenn bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel der halbe Kegelwinkel 11 des unteren

Abschnittes 3 8° beträgt, ist die Rückführleitung 9 gegenüber der Wandung des unteren Abschnittes 3 unter einem Winkel 12 von 22° geneigt.

Durch die Einrichtung 5 für den Bodenabzug wird die Wirbelschicht 8 mit Recyclegas 13 beaufschlagt, das zugleich als Sperr- und Kühlgas dient. Zur Basisfluidisierung wird der Wirbelschicht 8 über die Zuleitung 14 Wasserdampf zugeführt. Dabei bildet sich im unteren Teil der Wirbelschicht 8 eine geringe axiale Strömung aus. Mit der Zufuhr von Luft 16 oder einem anderen ein exothermes Vergasungsmittel enthaltenen Gemisch in einem axialen Abstand 17 von mindestens 50 cm unterhalb der horizontalen Querschnittsebene III-III erhöht sich die axiale Gasströmung 18 gegenüber der Gasströmung 15 geringfügig.

Weitere Steigerungen erfahren die Gasströmungen 19 und 20 durch die Zufuhr von weiterer Luft bzw. exothermem Vergasungsmittel 21 bzw. 22 und die nach oben fortschreitende Umwandlung des Einsatzstoffes 7 in Kohlegas. Die obere Grenze 23 der Wirbelschicht 8 befindet sich in einem axialen Abstand oberhalb des größten Durchmessers d des unteren Abschnittes 3, so daß der von der oberen Grenze 23 oberseitig begrenzte Teil der Wirbelschicht den im unteren Abschnitt 3 befindlichen Teil 25 derselben um das Maß \bar{u} überdeckt. Das Maß der Überdeckung \bar{u} beträgt im gewählten Beispiel, bei welchem der zylindrische Abschnitt 2 des HTW-Vergasers 1 einen Innendurchmesser d von 2,8 m hat, 1 m.

In einer weiteren Einlaßebene wird noch exothermes Vergasungsmittel 26 unter einem Winkel 27 von etwa 60° in Richtung auf die Wirbelschicht 8 eingeblasen. Der Luftstrom 26 bewirkt, daß der aus der Wirbelschicht in Form von Blasen austretende Feststoff unmittelbar mit dem zugegebenen Vergasungsmittel reagiert und der dabei nicht umgesetzte Feststoff einen Impuls in Richtung der Wirbelschicht erfährt. Eine Erhöhung der Geschwindigkeit der oberseitig aus der Wirbelschicht 8 austretenden und in die Nachvergasungszone strömenden Gase wird durch weiter oben angeordnete Vergasungsmittel-Düsen 36 erzielt, die unter einem Winkel 37, der ebenfalls etwa 60° beträgt, nach oben gerichtet sind.

In der linken Hälfte der Fig. 2 ist die Ausströmung des Gasströmungsprofils in radialer Richtung in den einzelnen horizontalen Ebenen des unteren Abschnittes 3 des HTW-Vergasers dargestellt. Hierbei ist erkennbar, daß es sich bei der in Fig. 1 über die Pfeile 15, 18, 19 und 20 angedeuteten Geschwindigkeit um jeweils die mittlere Geschwindigkeit der in den einzelnen Einblaseebenen 14, 16, 21 und 22 vorherrschenden Gasgeschwindigkeit handelt. Die Zunahme dieser Gasgeschwindigkeit ist auf der rechten Seite der Fig. 2 durch die Linie 28 dargestellt. Diese läßt erkennen, daß die mittlere Gasgeschwindigkeit 15, 18, 19 und 20 an den zugehörigen Einblasstellen 14, 16, 21 und 22 jeweils eine sprunghafte Änderung 29 erfährt. Im Mittel stellt sich allerdings eine stetig zunehmende Gasgeschwindigkeit ein, wie sie durch die Strich-Doppelpunkt-

Linie 30 angedeutet ist. Die Linie 30 stellt die mittlere Gasgeschwindigkeit dar, wenn man sich die Geschwindigkeitspfeile 34, 15, 18, 19 und 20 nach rechts umklappt und auf der Linie 35 als Basis aufgetragen vorstellt. Bezogen auf die Anfangsgeschwindigkeit 15 erfährt die Geschwindigkeit 20 in der letzten Einblaseebene 22 eine Zunahme zwischen 130 und 300%.

In der Fig. 3 mündet in der horizontalen Ebene III-III von rechts die Rückführleitung 9 in den unteren Abschnitt 3 des HTW-Vergasers 1. Der Rückführleitung 9 gegenüber liegt ein Eintrag 6 für den zu vergasenden Einsatzstoff 7. Symmetrisch zum Eintrag 6 sind in jeweils gleich großen seitlichen Abständen 31 in derselben horizontalen Ebene III-III zwei weitere Einträge 32 bzw. 33 für den zu vergasenden Einsatzstoff 7 vorgesehen. Es kann jedoch zweckmäßiger sein, abweichend von der Darstellung gemäß Fig. 3 die vier Eintragsstellen entsprechend den Zuleitungen 6 für den zu vergasenden Feststoff und der Rückführleitung 9 insgesamt symmetrisch anzuordnen, so daß sie einen Abstand im Bogenmaß von 90° aufweisen. Bei zwei Zuführleitungen für den zu vergasenden Feststoff würden demzufolge die Abstände zwischen diesen und der Rückführleitung 120° betragen.

Es sei noch angemerkt, daß auch das Recycling-Gas 13 eine geringe Gasströmung 34 im untersten Teil der Wirbelschicht 8 hervorruft, wie dies in Fig. 2 dargestellt ist.

Im folgenden sind die wichtigsten Daten eines Ausführungsbeispiels eines HTW-Vergasers für den Einsatz in einem Kombikraftwerk unter Verwendung des Verfahrens gemäß der Erfindung angegeben:

- thermische Leistung 600 MW,
- Leistungsdichte 55 MW/m^2 ,
- Einsatzstoff: Trockenbraunkohle mit 12 bis 18% Wassergehalt,
- Einsatzmenge der Trockenbraunkohle 160 t/h,
- Vergasungsdruck 27 bar,
- Innendurchmesser des zylindrischen Abschnittes des Reaktionsraumes 3,7 m,
- halber Kegelwinkel 8° ,
- Neigung der Rückführleitung gegenüber der Innenwand des unteren Abschnittes 22° ,
- drei Vergasungsmittel-Düsenebenen in der Wirbelschicht,
- zwei Vergasungsmittel-Düsenebenen im Nachvergasungsraum,
- rückgeführtes Gas zur Spülung der Abzugs-

schächte des Bodenproduktes,

- Basisfluidisierung mit Dampf,
- Eintragung der Trockenbraunkohle mit Hilfe von Schnecken und über Schrägrohr in halber Höhe des kegelstumpfförmigen unteren Abschnittes, 5
- Trockenbraunkohle wird an zwei oder drei Stellen, symmetrisch verteilt gegenüber der Rückführung angeordnet, eingetragen, 10
- 1,0 m unterhalb des Eintrags der Trockenbraunkohle befindet sich die unterste Vergasungsmitteldüsenebene, 15
- die Düsen der ersten Vergasungsmittelsebene im Nachvergasungsraum sind unter 60° gegenüber der Vertikalen geneigt und blasen auf die obere Begrenzung der Wirbelschicht, die eine Überdeckung von etwa 1 m hat, 20
- die Düsen der obersten Vergasungsmittelsebene im Nachvergasungsraum sind unter einem Winkel von 60° gegenüber der Vertikalen geneigt und blasen nach oben in den Nachvergasungsraum hinein, 25
- das radiale Gasgeschwindigkeitsprofil zeigt eine für homogen fluidisierte Wirbelschichten typische Ausbildung mit gleichmäßiger Geschwindigkeitsverteilung über den Querschnitt 30
- die axiale Gasgeschwindigkeit steigt in Strömungsrichtung leicht an. 35

Patentansprüche

1. Verfahren zum Vergasen von kohlenstoffhaltigen Feststoffen mit gasförmigen, sauerstoffhaltigen Vergasungsmitteln in einem zylinderförmigen Wirbelschichtvergaser, der einen Reaktionsraum aufweist, dessen unterer Abschnitt die Form eines Kegelstumpfes hat, innerhalb dessen sich wenigstens der größere Teil der Wirbelschicht befindet, wobei in den kegelstumpfförmigen Abschnitt gasförmige Vergasungsmittel und gegebenenfalls zu vergasende Feststoffe sowie rückgeführte Feststoffe, die aus dem Reaktionsraum des Vergasers ausgebracht wurden, eingeführt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe (h) des unteren Abschnittes (3) zwischen dem 1- und 6-fachen des Durchmessers (d) des zylindrischen Abschnittes (2) des Wirbelschichtvergasers (1) beträgt, die Zufuhr der Vergasungsmittel (14, 16, 21, 22) und eventueller anderer gasförmiger Medien so eingestellt wird, daß in jeder horizontalen Querschnittsebene (III-III) der Wirbelschicht (8) ein im wesentlichen gleichmäßiges, radiales Strömungs-

profil (15, 18, 19, 20) der Gasströmung in der Wirbelschicht erzeugt wird und die mittlere Geschwindigkeit (30) der Gasströmung in Richtung der Längsachse (35) des Wirbelschichtvergasers zumindest im Bereich des Wirbelbettes konstant ist oder geringfügig ansteigt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zu vergasenden Feststoffe (7) in der Nähe der Wandung des Reaktionsraumes in diesen eingetragen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die rückgeführten Feststoffe (10) in der Nähe der Wandung des Reaktionsraumes in diesen eingetragen werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zu vergasenden Feststoffe in einem axialen Abstand von mindestens 50 cm unterhalb der oberen Begrenzung (23) der Wirbelschicht (8) eingetragen werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die rückgeführten Feststoffe in einem axialen Abstand von mindestens 50 cm unterhalb der oberen Begrenzung (23) der Wirbelschicht (8) eingetragen werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zu vergasenden Feststoffe an einer Stelle eingetragen werden, die gegenüber der Stelle, an welcher die rückgeführten Feststoffe eingetragen werden, um etwa 180° versetzt ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zu vergasenden Feststoffe an wenigstens zwei Stellen (6, 32, 33) eingetragen werden, die in derselben horizontalen Ebene (III-III) in Abständen voneinander angeordnet sind.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zu vergasenden Feststoffe und die rückgeführten Feststoffe im wesentlichen in derselben horizontalen Ebene eingetragen werden.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zu vergasenden Feststoffe und die rückgeführten Feststoffe im wesentlichen an symmetrisch über den Umfang des Reaktionsraumes verteilten Stellen in letzteren eingetragen werden.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche

che, dadurch gekennzeichnet, daß der zu vergasende Feststoff und ggf. auch der zurückgeführte Feststoff an Stellen eingetragen werden, die axial gegeneinander versetzt sind.

- 5
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der innerhalb des unteren Abschnittes (3) befindliche Teil (25) der Wirbelschicht (8) von einem anderen Teil (24) dieser Wirbelschicht (8) überdeckt wird, dessen axiale Höhe (\bar{u}) bis zum 2-fachen des Durchmessers(d) des Wirbelschichtvergaser (1) beträgt.
- 10
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die gasförmigen Vergasungsmittel in wenigstens zwei einen vertikalen Abstand voneinander aufweisenden Ebenen in den kegeltumpfförmigen Abschnitt des Reaktionsraums eingetragen werden.
- 15
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Bedarf an exothermen Vergasungsmitteln durch das Einblasen von Luft in den Reaktionsraum gedeckt wird.
- 20
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Bedarf an exothermen Vergasungsmitteln zumindest teilweise durch Sauerstoff gedeckt wird, der nicht Bestandteil von in den Reaktionsraum eingeblasener Luft ist.
- 25
15. Wirbelschichtvergaser zum Vergasen von kohlenstoffhaltigen Feststoffen unter Verwendung von gasförmigen, sauerstoffhaltigen Vergasungsmitteln mit einem zylindrischen Abschnitt, der sich nach unten in einen kegeltumpfförmigen Abschnitt fortsetzt, wobei letzterer wenigstens einen Teil der Wirbelschicht aufnimmt und Düsen zum Einblasen der gasförmigen Vergasungsmittel sowie gegebenenfalls wenigstens eine Zuleitung für den zu vergasenden Feststoff sowie eine Zuleitung zum Eintragen von rückgeführtem Feststoff, der mit dem Produktgas aus dem Reaktionsraum ausgetragen wurde, in diesen Abschnitt münden, dadurch gekennzeichnet, daß
- 30
- der halbe Kegelminkel (11) des unteren Abschnittes (3) zwischen 2° und 20° beträgt, die Vergasungsmittel (14, 16, 21, 22) über Düsen zuführbar sind, die über den Umfang des kegeltumpfförmigen Abschnittes (3) in Abständen voneinander verteilt in wenigstens zwei einen axialen Abstand (17) voneinander aufweisenden horizontalen Ebenen (III-III, 16) und in wenigstens einer Düsenebene (26) oberhalb der Wirbelschicht (8) im zylindrischen Abschnitt (2) vorgesehen sind und die Rückführleitung (9) unter einem Winkel (12) zwischen 15° und 30° zu inneren Wandung des unteren Abschnittes (3) geneigt ist.
- 35
16. Wirbelschichtvergaser nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuleitung (6) für den zu vergasenden Feststoff (7) in einem axialen Abstand von mindestens 50 cm unterhalb der oberen Begrenzung (23) der Wirbelschicht (8) im unteren Abschnitt (3) mündet.
- 40
17. Wirbelschichtvergaser nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuleitung (9) für den rückgeführten Feststoff in einem Abstand von mindestens 50 cm unterhalb der oberen Begrenzung (23) der Wirbelschicht (8) im unteren Abschnitt (3) mündet.
- 45
18. Wirbelschichtvergaser nach einem der Ansprüche 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuleitung (6) für den zu vergasenden Feststoff (7) gegenüber der Zuleitung für den rückgeführten Feststoff um etwa 180° versetzt angeordnet ist.
- 50
19. Wirbelschichtvergaser nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei Zuführungen (6, 32, 33) für die zu vergasenden Feststoffe in Abständen (31) voneinander in derselben horizontalen Ebene (III-III) angeordnet sind.
- 55
20. Wirbelschichtvergaser nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei Zuführungen für die zu vergasenden Feststoffe vorgesehen sind, die in horizontalen Ebenen in den Reaktionsraum münden, die axial gegeneinander versetzt angeordnete sind.
21. Wirbelschichtvergaser nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuführungen für die zu vergasenden Feststoffe und die rückgeführten Feststoffe symmetrisch über den Umfang des Reaktionsraumes verteilt angeordnet sind.
22. Wirbelschichtvergaser nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß eine der Düsenebenen (16), durch welche exothermes Vergasungsmittel zugeführt wird, in einem axialen Abstand bis zu 250 cm unterhalb der Ebene, in welcher der zu vergasende Feststoff (7) eingetragen wird, angeordnet ist.
23. Wirbelschichtvergaser nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Düsen (26) der oberhalb der oberen Begrenzung (23) der Wirbelschicht (8) im zylindrischen Abschnitt (2) des Reaktionsraumes vorgesehenen Düsenebene unter einem Winkel (27) zwischen 45° und 75° in Richtung auf die Wirbelschicht (8) geneigt verlaufen.

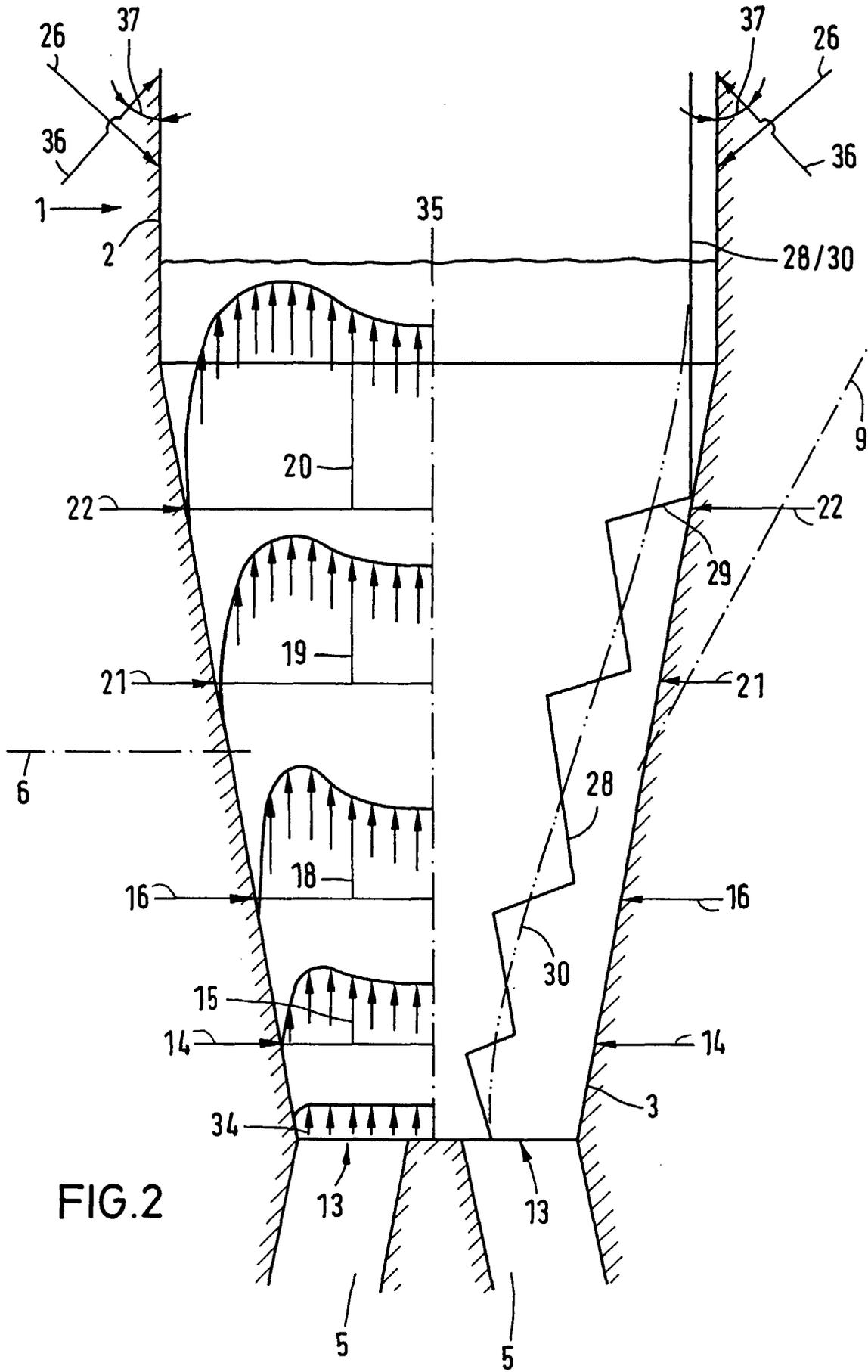


FIG. 2

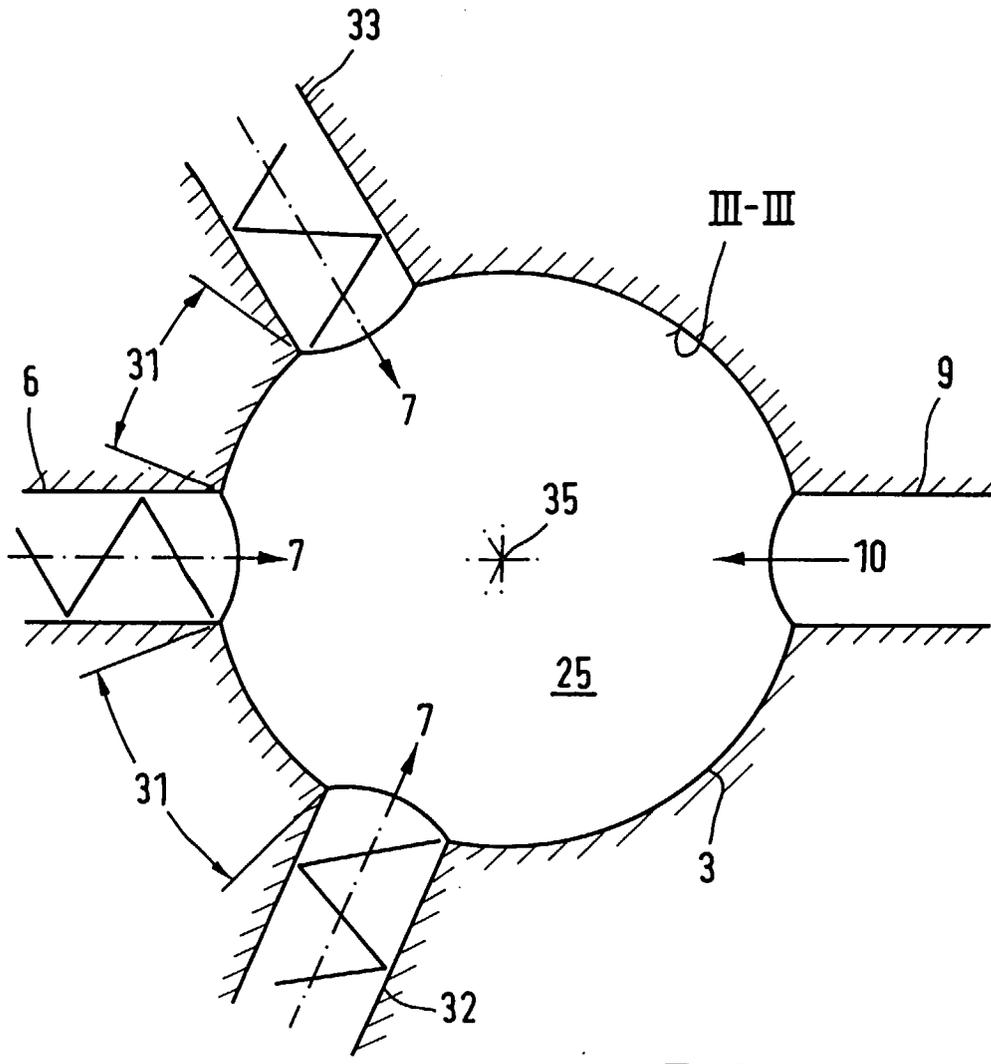


FIG.3