

Ausschlusspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

0153 557

Int.Cl.³

3(51) C 10 J 3/54

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

21) AP C 10 J/ 224 580
31) 85934(22) 15.10.80
(32) 18.10.79(44) 13.01.82
(33) US71) INSTITUTE OF GAS TECHNOLOGY;US;
72) PATEL, JITENDRA G.;SANDSTROM, WILLIAM A.;TARMAN, PAUL B.;US;
73) INSTITUTE OF GAS TECHNOLOGY;US;
74) PATENTANWALTSBUERO BERLIN, 1130 BERLIN, FRANKFURTER ALLEE 286[54] VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR UMWANDLUNG EINES KOHLENWASSERSTOFFHALTIGEN
FESTSTOFFES IN EIN GASFOERMIGES PRODUKT

[57]Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Umwandlung von kohlenwasserstoffhaltigen Stoffen, z.B. Kohle in wertvollere gasfoermige Produkte in einer Fließbettvergasungsreaktion bei wirksamer Abfuhrung von agglomerierter Asche aus dem Fließbett. Ein Sauerstoff enthaltendes Gas wird in den Boden des Fließbettes durch eine getrennte Zuleitung eingefuehrt, die in der Mitte einer Duese angeordnet ist, die zur Agglomeration und Abfuhrung der Asche vom Boden des Fließbettes dient. Die Zuleitung erstreckt sich bis ueber den verengten Teil der Duese und endet vorzugsweise innerhalb der Duese. Außer der Verbesserung der Ascheagglomeration und Ascheabfuhrung verhindert die Erfindung eine Sinterung und Klinkerung der Asche im Fließbett, und es wird eine wirksame Rueckfuhrung von feinen, aus den Produktgasen wiedergewonnenen Stoffen ermoeeglicht, indem die Stoffe im Fließbett mit dem Sauerstoff in Beruehrung gebracht werden, wenn dieser aus der in der Abfuhrungsduese angeordneten Zuleitung austritt. Außerdem erlaubt die erfindungsgemaße Einfuehrung des Sauerstoffes die wirksame Rueckfuhrung eines Teils des Produktgases zur Reaktionszone, um die reduzierenden Eigenschaften des heißen Produktgases zu erhoehen.

2 2 4 5 8 0 - 1 -

Verfahren und Vorrichtung zur
Umwandlung eines kohlenwasser-
stoffhaltigen Feststoffes in
ein gasförmiges Produkt

Anwendungsgebiet der Erfindung:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Umwandlung eines agglomerierenden kohlenwasserstoffhaltigen Feststoffes, z.B. von Kohle in ein wertvolleres gasförmiges Produkt. Insbesondere befaßt sich die Erfindung mit einer Fließbettkohlevergasungsreaktion, wobei Kohle vergast und die dabei entstehende Asche wirksam abgeführt werden kann.

Da die Versorgung mit Naturgas und Rohöl über längere Zeiträume nicht mehr gesichert ist, hat die Suche nach alternativen Energiequellen erhöhte Bedeutung erlangt. Als alternative Energiequelle für Naturgas und Rohöl ist in zunehmendem Maße wieder die Kohle interessant geworden. Kohle hat jedoch häufig einen hohen Schwefelgehalt, der bei direkter Verbrennung zu einer beträchtlichen Verunreinigung der Atmosphäre und zu säurehaltigen Niederschlägen führen kann. Beispielsweise wurde ermittelt, daß die Verbrennungsprodukte von Kohle zu etwa einem Achtel zu den gesamten atmosphärischen Verunreinigungen beitragen, die in den Vereinigten Staaten emittiert werden. Dazu gehört die Hälfte der Schwefeloxide und jeweils ein Viertel der Stickoxide und partikelförmiger Stoffe.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen:

Schwefelemissionen aus der Kohleverbrennung können durch verschiedene Verfahren vermindert werden. Diese Verfahren bestehen in der Verwendung von Kohle mit geringem Schwefelgehalt; Reinigung von hochschwefelhaltiger Kohle durch physikalische Verfahren zur Entfernung des Schwefels aus der Kohle;

Entfernung des Schwefels aus der Kohle bei deren Verbrennung; Erzeugung eines aschefreien Festbrennstoffes mit geringem Schwefelgehalt durch die Lösungsmittelbehandlung von Kohle; und schließlich Vergasung von Kohle und Entfernung des Schwefels aus dem gewonnenen Gas vor der Verbrennung der vergasten Kohleprodukte.

Das zuletzt genannte Verfahren der Kohlevergasung mit Reinigung der gewonnenen Gasprodukte vor der Verbrennung bietet offensichtlich die größte Verminderung von Schwefelemissionen, da der meiste in der vergasten Kohle vorhandene Schwefelgehalt aus Schwefelwasserstoff besteht. Die Entfernung dieses Schwefelwasserstoffes aus der vergasten Kohle stellt jedoch kein großes Problem dar, da eine Reihe von kommerziellen Gasreinigungsverfahren verfügbar sind, mit denen der Schwefelwasserstoffgehalt eines Gasstromes, wie er bei einer Kohlevergasungsreaktion erzeugt wird, auf weniger als 10ppm vermindert werden kann. Tatsächlich lassen sich mit einigen Verfahren Gasströme erzeugen, die nur 1 ppm oder weniger Schwefelwasserstoff enthalten.

Ein bevorzugtes Verfahren für die Vergasung von Kohle ist das U-GAS-Verfahren, das vom Institute of Gas Technology in Chicago, Illinois entwickelt wurde (siehe das Öl- und Gas-Journal - 1. August 1977, Seite 51 ff). Mit dem U-GAS-Verfahren kann ein reines, umweltfreundliches Brenngas mit niedrigem Wärmewert aus Kohle erzeugt werden. Dieses Gas kann unmittelbar von industriellen und kommerziellen Abnehmern als Ersatz für Naturgas oder Heizöl verwendet werden. In Form von Synthesegas können die Erzeugnisse aus dem U-GAS-Verfahren als chemischer Rohstoff oder als Quelle von heißem Reduktionsgas zur Reduzierung metallischer Erze, z.B. von Eisenerzen auf das Basismetall benutzt werden. Bei der zuletzt genannten Anwendung ist es erwünscht, wegen der hohen reduzierenden Eigenschaften von Kohlenmonoxid und Wasserstoff ein hohes Verhältnis von Kohlenmonoxid und Was-

serstoff zu Dampf und Wasser in dem heißen Produktgas zu haben.

Bei dem U-GAS-Verfahren wird die Vergasungsreaktion bei hohen Temperaturen durchgeführt, da hierdurch die Erzeugung von Kohlenmonoxid und Wasserstoff maximiert wird. Vorzugsweise werden bei dem U-GAS-Verfahren Vergasungstemperaturen im Bereich von 815 - 1.090°C und vorzugsweise von 870 - 1.040°C verwendet. Geringere Temperaturen sind nicht erwünscht, da diese zur Erzeugung hoher Mengen von Kohlendioxid und Wasser führen. Eines der wesentlichen Probleme bei der Hochtemperaturvergasung von Kohle ist bei jedem Vergasungsverfahren einschließlich des U-GAS-Verfahrens die Fusion von Aschepartikeln bei den hohen bei der Vergasungsreaktion auftretenden Temperaturen. Diese hohen Temperaturen bewirken, daß die Aschepartikel klebrig werden und innerhalb der Reaktionszone agglomerieren. Obwohl Temperaturen über 930°C für die Kohlevergasung erwünscht wären, ist es schwierig, Temperaturen von 1.065°C zu überschreiten, da Temperaturen über 1.090° zur Bildung von klebrigen Aschepartikeln führen, die dann agglomerieren und große Aschepartikel bilden, die schwierig aus dem Fließbett zu entfernen sind.

Ein Verfahren zur Entfernung agglomerierter Aschepartikel aus einem Fließbettreaktor ist in der US-PS 2 906 608 beschrieben. Das bei diesem Verfahren verwendete Gerät enthält einen umgekehrt konischen Abführabschnitt am Boden des Fließbettreaktors, der eine Venturi-Düse mit einem verengten mittleren Abschnitt bildet. Ein Luft-Dampfstrom wird mit hoher Geschwindigkeit aufwärts durch diesen umgekehrten konischen Abschnitt geleitet und reagiert mit der darin befindlichen Kohle, wobei innerhalb des im Boden des Reaktors angeordneten Konus örtlich höhere Temperaturen erzeugt werden. Innerhalb des umgekehrten Konus werden die Aschepartikel auf ausreichend große Temperaturen erhitzt, so daß sie klebrig werden, wodurch sie allmählich agglomerieren und in Masse

und Größe zunehmen. Wenn sie einen vorgegebenen Wert an Größe und/oder Gewicht erreichen, reicht die Geschwindigkeit des durch den Konus geleiteten Gasstromes nicht mehr aus, um diese agglomerierten Partikel im Fließbett zu halten, und diese fallen durch den engen Bodenteil des umgekehrten Konus nach unten und können damit wirksam aus der Fließbettreaktionszone abgeführt werden. Da die Geschwindigkeit des durch den Konus verlaufenden gasförmigen Mediums stets die Absinkgeschwindigkeit der fein verteilten Kohlepartikel im Fließbett übersteigt, können die agglomerierten Aschepartikel selektiv abgeführt werden, ohne daß die Kohlepartikel aus dem Fließbett entfernt werden.

Ein mit Venturi-Düse arbeitendes Gerät hat jedoch den Nachteil, daß in dem konischen Abführabschnitt extrem hohe Temperaturen herrschen. Beispielsweise sind die Temperaturen innerhalb der konischen Abführzone wenigstens 55°C und oft 110°C höher als die Temperaturen im Fließbett. Da die schmirgelnden agglomerierten Aschepartikel in ständigem physischen Kontakt mit den Wänden des Konus sind, werden wegen der darin herrschenden hohen Temperaturen exotisch teure Legierungen benötigt, um einen Abführkonus mit langer Lebensdauer zu erhalten. Da der Gasstrom, der die Ascheagglomerate bildet, derselbe ist wie der Strom, der die Agglomerate aus dem Fließbett abtrennt oder klassifiziert, ergeben sich außerordentliche Beschränkungen hinsichtlich der Rate und Zusammensetzung des Gasstromes, was einen wesentlichen Nachteil darstellt. Außerdem kann in der Venturidüse eine Sinterung und eine Verstopfung der Düse eintreten, insbesondere wenn Kohlenstaub aus dem Produktgas wiedergewonnen und zum Fließbett durch die Venturi-Düse zurückgeführt wird. Da die Verstopfung in einer Zone hoher Temperatur erfolgt, kann sich eine geschmolzene haftende Masse bilden, die zu einer unerwünschten frühzeitigen Betriebsunterbrechung des Reaktors führen kann.

In der US-PS 3 981 690 ist ein Kohlevergasungsverfahren beschrieben, das davon ausgeht, daß die Verwendung einer Venturi-

Düse unerwünscht ist, und bei dem ein schmales Spout-Fließbett verwendet wird, in dem Luft, die in ein mittleres Rohr eintritt, in einem ringförmigen Abschnitt im Bodenbereich eines Reaktors mit verhältnismäßig kleinem Durchmesser mit zugeführter Kohle in Berührung gebracht wird. Asche wird am Boden des Reaktors gebildet und nach unten durch den ringförmigen Abschnitt entfernt. Dieses Verfahren der gleichzeitigen Kohlehinzufügung und Ascheabführung läßt folgende Gesichtspunkte außer Acht: Die Notwendigkeit, eine Einführungsstelle getrennt von der Kohlezuführungsstelle vorzusehen, die Wichtigkeit des Ortes des mittleren Rohrs relativ zum Fließbett und zum Ascheabführungsringabschnitt, und die Wichtigkeit einer kontrollierten Sauerstoffkonzentration am Boden des Fließbettes einschließlich hoher Sauerstoffkonzentrationen in der Nähe des mittleren Rohres, um eine wirksame Ascheagglomeration und Abführung zu gewährleisten.

Ziel der Erfindung:

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem die Agglomeration und Abführung der Asche aus dem Fließbett verbessert wird.

Darlegung des Wesens der Erfindung:

Die gestellte Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß ein Sauerstoffenthaltendes Gas unter Zumischung von Dampf mit dem Feststoff bei erhöhten Temperaturen in einer Fließbettvergasungsreaktionszone in Berührung gebracht wird, daß im Bodenteil der Reaktionszone Asche agglomeriert wird, und daß die Asche selektiv von dem Fließbett durch Abführung vom Bodenteil der Reaktionszone durch eine Abführdüse getrennt wird, die eine verengte Mittelöffnung aufweist, in der die Ascheagglomerate dazu neigen, die Düse und deren Mittelöffnung zu verschließen, wobei das den Sauerstoff enthaltende Gas durch eine getrennte Zuleitung in die Düse geleitet wird, die sich konzentrisch in der Düse befindet, und wobei das Auslaßende der Zuleitung sich oberhalb der verengten Mittelöffnung befindet.

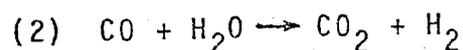
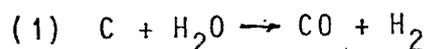
Durch die Erfindung wird die Neigung der Asche zur Sinterung und zur Verstopfung der Düse weitgehend beseitigt.

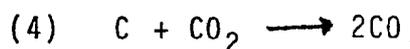
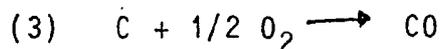
Vorzugsweise ist die Sauerstoffkonzentration des durch die getrennte Zuleitung verlaufenden Gases hoch und übersteigt beispielsweise 20 Vol.% bis hinauf zu reinem Sauerstoff. Bevorzugt werden Sauerstoffkonzentrationen von etwa 30 - 75%, wobei der Rest aus einem Inertgas, CO_2 oder Dampf besteht.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird ein zusätzliches gasförmiges Medium durch die Düse in den Reaktor geleitet. Dieser Gasstrom enthält wesentlich weniger Sauerstoff als das durch die zentrale getrennte Zuleitung verlaufende Gas. Vorzugsweise beträgt die Sauerstoffkonzentration des aufwärts durch die Düse verlaufenden Gases etwa 0 - 15 Vol.%, wobei der Rest aus Dampf, CO_2 oder einem Inertgas besteht.

Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt eine wirksame Rückführung des aus dem Fließbett in Mischung mit den gasförmigen Reaktionsprodukten entwichenen Kohlenstaubs nach Rückgewinnung in die Fließbettreaktionszone, indem die Kohlenstaubteilchen in das Sauerstoff enthaltende Gas augenblicklich injiziert werden, wenn der Sauerstoff aus der konzentrisch in den Abfuhrdüse angeordneten Zuleitung austritt. Dieses Verfahren der Rückführung von Kohlenstaub gewährleistet eine Vergasung des Kohlenstaubs ohne unerwünschte Sinterung oder Ablagerung in der Düse.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß sie die Optimierung der in den heißen Gasprodukten enthaltenen Menge von Kohlenmonoxid und Wasserstoff erlaubt. Die Hauptvergasungsreaktionen, die in dem Fließreaktionsbett auftreten, sind:



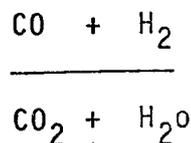


Die Reaktion (2) findet in der gasförmigen Phase bei Betriebstemperaturen von etwa 980 - 1.090°C statt und erreicht sehr rasch das Gleichgewicht. Die anderen Reaktionen verlaufen jedoch langsamer.

Die in das Fließreaktionsbett eingeleiteten Gase üben zwei Funktionen aus, nämlich einmal die Fluidisierung der verkokten Partikel und zum anderen die Reaktion mit den Partikeln. Dampf ist das übliche fluidisierende, die Reaktionen bewirkende Gas. Die Reaktion (1) ist jedoch endotherm. Die erforderliche Hitze für das Eintreten dieser Reaktion wird durch Hinzufügung von ausreichend Sauerstoff erreicht, der entweder rein, als Luft oder als Mischung von beiden zugeführt wird, um mit der Bettkohle zu reagieren und Hitze zu erzeugen. Dampf braucht nicht das einzige Reaktionsgas zu sein. Es kann ebensowohl Kohlendioxid verwendet werden, wie die Reaktion (4) zeigt.

Zur Steuerung der Temperatur im Fließbett und zur Unterstützung der Kinetik der chemischen Reaktion werden dem Vergaser üblicherweise überschüssiger Dampf und CO_2 hinzugefügt. Der nicht an der Reaktion beteiligte Dampf und desgleichen CO_2 verlassen den Vergaser und werden Teil des Produktgases, so daß sie einfach aus dem Produktgas entfernt und mit wenig Schwierigkeiten zurückgeführt werden können. Wenn jedoch heiße Reduktionsgase benötigt werden, kann das Produktgas zur Entfernung von Dampf und CO_2 nur unter Inkaufnahme von Energieverschwendung gekühlt werden. Das Verhältnis von $CO_2 + H_2$ zu $CO_2 + H_2O$ im heißen Produktgas wird somit wichtig. Wenn daher der Gehalt an Dampf und CO_2 im heißen Produktgas vermindert wird, kann das $CO + H_2$ -Verhältnis erhöht werden. Eine Zunahme des $CO + H_2$ -Verhältnisses kann dadurch bewirkt werden, daß ein Teil des über-

schüssigen Dampfes und CO_2 durch zurückgeführtes Produktgas ersetzt wird, das ebenfalls $\text{CO} + \text{H}_2$ enthält. Hierdurch wird wiederum die Einführung von Inertgasen vermieden. Diese Rückführung eines Teils des Produktgases konnte beim Stand der Technik nicht wirksam durchgeführt werden, da bei den bekannten Verfahren Sauerstoff in die Vergasungsreaktorzone (zusätzlich zum mittleren Einführungspunkt) an zahlreichen Stellen am Boden des Reaktors durch einen Siebverteiler eintritt, der rund um den mittleren Einführungspunkt angeordnet ist. Dieser durch das Sieb verlaufende zugefügte Sauerstoff würde das CO und das H_2 im zurückgeführten Produktgas verbrennen, wenn diese Gase durch das Sieb eingeleitet würden. Die erfindungsgemäße Maßnahme, Sauerstoff dem Fließbett nur durch eine mittlere gesonderte Zuleitung in der Mitte des mittleren Einführungspunktes, d.h. der Venturidüse, und nur Dampf an dem umgebenden Sieb zuzuführen, ermöglicht die Rückführung eines Teils des Produktgases durch das Sieb zusammen mit Dampf. Diese Rückführung von Produktgas kann dadurch bewirkt werden, daß ein Teil des Produktgases in einer Wasserquenche gekühlt, ggfs. Dampf und CO_2 entfernt, das Gas leicht komprimiert und zum Siebverteiler für den Kontakt mit dem Fließreaktionsbett zurückgeführt wird. Hierdurch wird der Dampfbedarf verringert und die Zusammensetzung des Produktgases geändert, so daß das Produktgas stark reduzierend wird. Das Verhältnis



kann dabei auf jeden gewünschten Pegel eingestellt werden. Diese Anwendung erfolgt vorzugsweise dann, wenn das heiße Produktgas zur Eisenerzreduktion verwendet wird, wobei das verbrauchte Reaktionsgas von dem das Eisenerz reduzierenden Abschnitt zur Vergasungsreaktion zurückgeführt wird.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen bedeuten:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Fließbettvergasungsreaktorsystems;
- Fig. 2 einen Querschnitt entlang der Linie 2-2 in Fig. 1 und
- Fig. 3 eine ausführliche Darstellung des Bodenteils des in Fig. 1 gezeigten Vergasungsreaktors.

Ausführungsbeispiel:

Der in Fig. 1 dargestellte Vergasungsreaktor 2 ist ein Fließbettvergasungsreaktor, der unter üblichen Temperatur- und Druckbedingungen betrieben wird und in einem Fließreaktionsbett 4 agglomerierende, feste, kohlenwasserstoffhaltige Partikel, vorzugsweise backende bitumenhaltige Kohle, in wertvollere gasförmige Produkte, z.B. Brenngas mit geringem Wärmewert, umwandelt. Vorzugsweise werden Betriebstemperaturen von etwa 980 - 1100°C und Drücke von etwa 3,5 - 14 kg/cm² verwendet. Bei dem dargestellten Verfahren wird pulverisierte Kohle durch eine Zuführungsleitung in eine Eingabeschleuse 8 geleitet, wo sie zeitweilig gespeichert wird, bevor eine Abführung über eine Leitung 10 erfolgt. Die zugeführte Kohle wird dann mit einem gasförmigen Fördermedium (vorzugsweise Dampf) gemischt, das in eine Leitung 12 eingeführt und über eine Leitung 14 mit einer Geschwindigkeit von etwa 6 - 15 m/sec in den Vergasungsreaktor 2 befördert wird. Die frisch zugeführte Kohle gelangt durch eine Leitung 18, die sich etwas (etwa 2,5 - 15 cm) in das im unteren Teil des Reaktors 2 befindliche Fließbett 4 hineinsteckt, in den Vergasungsreaktor 2. Eine konische, hitzebeständige Verkleidung 16 umgibt die Leitung 8, um sich langsam an der Reaktorwand nach unten bewegende Feststoffe abzulenken. Dieses Verfahren der unmittelbaren Einführung der Kohle in das Fließbett 4 macht eine Vorbehandlung oder Entgasung der Kohle entbehrlich.

Das Fließbett 4 enthält eine Mischung aus Dampf und Sauerstoff (die vom Boden in nachfolgend noch beschriebener Weise zugeführt wird), frisch zugeführte Kohle und Holzkohle, woraus bei Reaktionsbedingungen ein Reaktionsprodukt 5 erzeugt wird, das aus einer Mischung von Kohlenoxiden, Dampf, Wasserstoff, Kohlenwasserstoffen und Kohlenstaub besteht. Das Reaktionsprodukt 5 wird an einem Auslaß 20 abgeführt und zu einer ersten Zyklonstufe 22 geleitet. In dem Zyklon 22 wird der grobe Kohlenstoff (etwa 20 - 250 µm im Durchmesser) von dem Reaktionsprodukt abgetrennt und über eine Leitung 24 direkt zum Fließbett 4 zurückgeführt.

Das gasförmige Auslaßprodukt des Zyklons 22 wird vom oberen Teil des Zyklons über eine Leitung 26 abgeführt und dann einer zweiten Zyklonstufe 28 zugeführt, wo weiterer Kohlenstaub (etwa 5 - 100 μm im Durchmesser) wiedergewonnen und in nachfolgend noch näher beschriebener Weise über eine Leitung 32 an eine bestimmte Stelle innerhalb des Bodenteils des Fließbettes 4 geleitet wird. Der Produktgasstrom 30 wird vom oberen Teil des Zyklons 28 zur weiteren Behandlung, d.h. zur teilweisen Rückführung und/oder zum Gebrauch abgeführt.

Gemäß der vorliegenden Erfindung tritt der Dampf und im wesentlichen der gesamte erforderliche Sauerstoff zur Aufrechterhaltung der Vergasungsreaktion im Fließbett 4 am Boden des Vergasungsreaktors 2 durch eine Venturidüse 40 und eine Leitung 50, die konzentrisch in der Venturidüse 40 angeordnet ist, ein. Durch die gemeinsame Wirkung der Mischung aus Dampf und Sauerstoff, die in die Venturidüse 40 durch die Leitung 54 eintritt und der Mischung aus Dampf und Sauerstoff, die durch eine Leitung 52 in das konzentrisch angeordnete Rohr 50 eintritt, wird erreicht, daß selektiv Asche agglomeriert und vom Bodenteil des Fließbettes 4 abgeführt werden kann.

Die Venturidüse 40 enthält einen sich aufwärts erstreckenden konischen Abschnitt 46, einen verengten mittleren Abschnitt 44 und einen sich nach unten erstreckenden konischen Abschnitt 48. Gemäß der vorliegenden Erfindung muß das zentral gelegene Rohr 50 innerhalb des konischen Abschnittes 44 oberhalb der gestrichelten Linie 45 angeordnet sein und vorzugsweise unterhalb der gestrichelten Linie 47 innerhalb des sich nach oben erstreckenden konischen Abschnittes 46 enden. Wie oben erwähnt wurde, ist die Sauerstoffkonzentration, d.h. das Verhältnis von Sauerstoff zu Dampf der aus dem Rohr 50 nach oben ausgestoßenen Gase nennenswert höher als die Sauerstoffkonzentration in dem Dampf-Sauerstoff-Gemisch, das durch die Venturidüse 40 nach oben geleitet wird. Obwohl der Sauerstoffgehalt in der Venturidüse 40, der durch den eintretenden Strom 54 bestimmt

wird, 20% betragen kann, ist die bevorzugte Sauerstoffkonzentration kleiner als 15%. Ebenso kann die Sauerstoffkonzentration des aus dem zentral angeordneten Rohr 50 austretenden Stroms 100% betragen, während vorzugsweise die Sauerstoffkonzentration im Bereich zwischen etwa 30 - 75% liegt. Es hat sich herausgestellt, daß es bei Einhaltung dieser Grenzen und relativen Verhältnisse der Sauerstoffkonzentration möglich ist, hohe Aschekonzentrationen im Fließbett aufrechtzuerhalten, ohne daß die Asche auf dem Verteilungssieb 42 sintert. Insbesondere können im Dauerbetrieb Aschekonzentrationen von 80 - 85% im Fließbett 4 auftreten, ohne daß die Asche in dem Bett sintert oder verklinkert.

Zusätzlich wird vorzugsweise der Vergasungszone 2 Dampf, ein Vergasungs- oder Fluidisierungsmedium durch einen Einlaß 38 hinzugefügt, um die Aufrechterhaltung des richtigen Verweilzeitspektrums und des Fließverhaltens im Fließbett 4 zu unterstützen. Vorzugsweise wird durch den Einlaß 38 Dampf in das Fließbett 4 unterhalb des die Venturidüse 40 konzentrisch umgebenden Siebes 42 eingeleitet. Der Dampf verläuft dann aufwärts durch Öffnungen 43 im Sieb 42 und kommt dadurch in Berührung mit dem Fließbett. Vorzugsweise ist der durch das Sieb 42 in das Fließbett 4 strömende Dampf weitgehend frei von Sauerstoff. Vorzugsweise ist die Sauerstoffkonzentration in dem Dampfstrom kleiner als 5%. Insbesondere werden aber Dampfströme verwendet, die im wesentlichen keinen Sauerstoff enthalten. Es wurde gefunden, daß durch Einleitung des nahezu gesamten, zur Aufrechterhaltung der Vergasungsreaktion erforderlichen Sauerstoffs durch eine einzelne zentral angeordnete Venturidüse mit einem darin mittig angeordneten Rohr, wobei in dem Rohr eine hohe Sauerstoffkonzentration und in der Venturidüse eine wesentlich geringere Sauerstoffkonzentration vorhanden ist, nahezu kein Sauerstoff durch das Sieb 42 in den Reaktor 2 eingeführt zu werden braucht. Als Folge davon wird eine Sinterung der Asche unterbunden, und die Asche wird durch die gemeinsame Wirkung der Venturidüse 40 und des zentral angeordneten Rohrs 50 wirksam agglomeriert und abgeführt.

Ferner erlaubt das Fehlen von Sauerstoff in dem durch den Einlaß 38 in den Reaktor 2 eintretenden Dampf, daß ein Teil des Kohlenmonoxid und Wasserstoff enthaltenden Produktgases zum unteren Teil des Flüssigbettes 4 zurückgeführt werden kann, um am Ende ein heißes Produktgas zu erzeugen, das hohe reduzierende Eigenschaften und ein hohes Verhältnis von Kohlenmonoxid und Wasserstoff hat. Gemäß der Erfindung wird ein Teil des vom Zyklon 28 durch die Leitung 30 verlaufenden Produktgases über eine Leitung 34 abgeführt, zur Entfernung von Dampf und ggfs. von CO_2 abgekühlt, komprimiert und einem Dampfstrom zugemischt, der über die Leitung 36 dem Einlaß 38 im unteren Teil des Fließbettes 4 zugeführt wird.

Die über den Einlaß 38 und die Leitungen 52 und 54 zugeführten gasförmigen Medien werden so eingestellt, daß eine Oberflächengasgeschwindigkeit durch das Fließbett von etwa 0,6 - 1,8 m/sec erzeugt wird. Oberflächengasgeschwindigkeiten oberhalb von etwa 0,6 m/sec haben sich als besonders vorteilhaft herausgestellt, um die Bildung von Ascheablagerungen auf den Reaktorwänden des Siebs 42 zu vermeiden.

Die Gasgeschwindigkeit durch das mittlere Rohr 50 wird üblicherweise zwischen etwa 15 - 300 m/sec gehalten. Bevorzugte Gasgeschwindigkeiten liegen im Bereich zwischen 30 - 180 m/sec. Diese Gasgeschwindigkeiten reichen aus, um eine Agglomeration der Aschepartikel in der Zone 51 mit höherer Temperatur unmittelbar neben dem Auslaßende des Rohrs 50 zu erlauben, ohne daß die Stabilität und das Verweilzeitspektrum innerhalb des Fließbettes und die Fähigkeit der Venturidüse 40 zur Abführung der in der Hochtemperaturzone 51 gebildeten Agglomerate gestört wird. Um die Stabilität innerhalb des Fließbettes 4 zu gewährleisten, wird vorzugsweise das Verhältnis des Durchmessers des Rohres 50 zum Durchmesser des Vergasers 2 wenigstens 10:1 gemacht und liegt vorzugsweise über etwa 20:1. Das Verhältnis des Durchmessers des verengten Abschnittes 44 zum Durchmesser des Rohrs 50 ist nicht kritisch und wird so gewählt, daß die in der Hochtemperaturzone 51 gebildete agglomerierte Asche in die untere Leitung 56 ge-

langen kann.

Die Geschwindigkeit des Gases, das in die das Rohr 50 umgebende Venturidüse 40 eintritt, liegt im Bereich von etwa 3 - 60 m/sec. Bevorzugt werden Geschwindigkeiten im Bereich zwischen etwa 12 - 45 m/sec. Die entsprechenden Geschwindigkeiten der Gasströme, die das zentral angeordnete Rohr 50 und die Venturidüse 40 verlassen, sind so bemessen, daß Ascheagglomerate durch den verengten Bereich 44 in die Leitung 56 fallen können, ohne dabei zuzulassen, daß nicht umgesetzte Kohle und verkokte Partikel entfernt oder anderweitig abgeschieden oder innerhalb des Fließbettes 4 klassifiziert werden. Die Geschwindigkeit der Ascheagglomeration und der Ascheabführung kann unabhängig durch entsprechende Einstellung der Sauerstoffkonzentration und/oder der Geschwindigkeit der nach oben aus der Venturidüse 40 und dem Rohr 50 ausgestoßenen Gase gesteuert werden.

Die Ascheagglomerate können durch die Leitung 15 in ein Wasserbad 60 fallen, das am Boden der Vergasungszone durch Einführung von Wasser durch einen Einlaß 62 gebildet wird. Das Wasserbad 60 schreckt die Ascheagglomerate ab, so daß sie als Schlamm vom Boden der Vergasungszone über eine Leitung 64 abgeführt werden können.

Wie bereits oben erwähnt wurde, besteht eine der Besonderheiten der vorliegenden Erfindung darin, feines Material zum Fließbett 4 zurückführen zu können. Vorzugsweise wird das von der zweiten Zyklonstufe 28 zurückgewonnene feine Material pneumatisch über die Leitung 32 in die Hochtemperaturzone 51 injiziert, um mit dem Sauerstoff enthaltenden Gas aus dem Rohr 50 augenblicklich zu reagieren, wenn das Gas aus dem Rohr 50 abgegeben wird. Dieses Verfahren der Rückführung an eine bestimmte Stelle im Fließbett erlaubt die Umwandlung des Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalts des feinen Materials in ein wertvolles gasförmiges Produkt unter Vermeidung einer Sinterung und Agglomeration der feinen Kohlepartikel in der Venturidüse 40.

Nachfolgend werden einige typische Beispiele der Erfindung angegeben.

Beispiel 1:

Um die Wirkung der Sauerstoffkonzentration an verschiedenen Stellen am Boden des Fließbettes 4 zu veranschaulichen, insbesondere entlang des Siebes 42 in der Nähe des Ausgangs des zentral angeordneten Rohres 50 und in der Nähe des Ausgangs der Venturidüse 40, wurden die nachfolgenden Abläufe unter den angegebenen Bedingungen durchgeführt:

T a b e l l e I

	<u>Lauf 126</u>	<u>Lauf 133</u>
Kohle	W.Kentucky No 9	W.Kentucky No
Vergaserdurchmesser	0,9 m	0,9 m
Venturidurchmesser	7,6 cm	11,4 cm
Düsendurchmesser	keine Düse	3,8 cm
Temp °C	990°C	1012°C
Oberflächengeschwindigkeit	1,6 m/sec	0,98 m/sec
Sieb O ₂ Konzentration	23.5%	0%
Venturi O ₂ Konzentration	19.5%	12%
Düsen O ₂ Konzentration	--	33%
Laufdauer	168h	122 h
Kohlezuführungsrate	470 kg/h	645 kg/h
zugeführte Kohle	84 t	102 t
Sinterung	Ja	Nein

Die Ergebnisse in Tabelle I veranschaulichen, daß das Vorhandensein eines Rohrs 50 innerhalb einer Venturiabfuhrvorrichtung die unerwünschte Agglomeration und Sinterung in der Venturidüse verhindern.

Beispiel 2:

Die Tabelle II zeigt Ergebnisse, die man durch Einführung von Sauerstoff unmittelbar durch zwei Stellen im Sieb 42 gegenüber einer einzelnen Sauerstoffinjektion durch das zentral in der Venturidüse 40 angeordnete Rohr 50 erzielt.

T a b e l l e II

	<u>Lauf 126</u>	<u>Lauf 133</u>
Kohle	W.Kentucky Nr.9	W.Kentucky Nr.9
Vergaserdurchmesser	0,9 m	0,9 m
Venturidurchmesser	7,6 m	11,4 cm
Düsendurchmesser	0,64 cm	3,8 cm
Düsenort	Düsen vom Sieb 42 in den Vergaser ragend	In der Mitte der Venturidüse
Temp. °C	1038°C	1012°C
Oberflächengeschwindigkeit	1,2 m/sec	0,98 m/sec
Sinterung	Ja	Nein

Die Ergebnisse der Tabelle II zeigen die Notwendigkeit, hohe Sauerstoffkonzentrationen in den mittleren Bereichen der Venturidüse einzuführen, um eine Sinterung und unverteilte Agglomerate innerhalb des Fließbettes 4 und auf dem Sieb 42 zu vermeiden.

Beispiel 3:

Zur Veranschaulichung der vorteilhaften Wirkungen in Verbindung mit der Rückführung des feinen Materials von der zweiten Zyklonstufe 28 zum Fließbett 4 wurde eine Reihe von Läufen durchgeführt, die in der Tabelle III angegeben sind.

Tabelle III

<u>Lauf Nr.</u>	<u>131</u>	<u>132</u>	<u>133</u>
Staubrückführung von der ersten Zyklonstufe	Ja	Nein	Ja
zweiten Zyklonstufe	Ja	Nein	Nein
Kohlezuführungsrate, kg/h	495	826	786
Elutriationsrate kg/h	24	258	96
Oberflächengeschwindigkeit m/sec	1,3	1,2	1,1
Kohleausnutzungswirkungsgrad % *	94	73	89
Größenverteilung von nicht zurückgeführtem Staub	zurückbehaltene Gewichtsprocente		
Prüfsieb 40 mesh	--	9.9	0.0
Prüfsieb 70 mesh	--	8.9	0.6
Prüfsieb 140 mesh	--	19.6	13.5
Prüfsieb 200 mesh	--	7.4	15.5
Prüfsieb 230 mesh	--	3.0	5.5
Prüfsieb 50 µm	4.0	11.8	13.5
Prüfsieb 40 µm	6.0	23.5	28.8
Prüfsieb 20 µm	11.5	10.8	14.9
Prüfsieb 10 µm	45.5	4.3	6.8
Prüfsieb 5 µm	33.0	0.8	0.6

* Beruht auf der Kohlezuführung und den Kohleverlusten in der Ascheabführung und dem Staub.

Bei diesen Läufen wurde keine Sinterung oder unerwünschte Kohleagglomeration festgestellt, und wie die Daten zeigen, war die Elutriationsrate des Kohlenstaubmaterials aus dem Fließbett 4 erheblich vermindert.

E r f i n d u n g s a n s p r u c h :

1. Verfahren zur Umwandlung eines agglomerierenden kohlenwasserstoffhaltigen Feststoffes in ein wertvolleres gasförmiges Produkt, indem ein Sauerstoff enthaltendes Gas unter Zumischung von Dampf mit dem Feststoff bei erhöhten Temperaturen in einer Fließbett-Reaktionszone in Berührung gebracht wird, wobei im Bodenteil der Reaktionszone Asche agglomeriert wird, die Asche selektiv von dem Fließbett getrennt und vom Bodenteil der Reaktionszone aus durch eine Abführdüse, die eine verengte Mittelöffnung aufweist, abgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das den Sauerstoff enthaltende Gas durch eine gesonderte Zuleitung in die Abführdüse geleitet wird, die sich konzentrisch in der Düse befindet, und wobei das Auslaßende der Zuleitung sich oberhalb der verengten Mittelöffnung befindet.
2. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Düse eine Venturidüse verwendet wird, deren verengter Mittelabschnitt sich zwischen stromaufwärts und stromabwärts angeordneten konischen Abschnitten befindet.
3. Verfahren nach Punkt 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Sauerstoff enthaltende Gas in die Venturidüse jenseits des mittleren verengten Abschnittes, aber innerhalb des Endes des stromabwärtigen konischen Abschnittes eingeleitet wird.

4. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Düse hindurch und an der Zuleitung vorbei ein zusätzliches gasförmiges Medium aufwärts in das Fließbett geleitet wird.
5. Verfahren nach Punkt 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Sauerstoffkonzentration des zusätzlichen, durch die Düse geführten gasförmigen Mediums nennenswert niedriger als die Sauerstoffkonzentration des Sauerstoff enthaltenden Gases ist, das durch die konzentrisch in der Düse angeordnete Zuleitung strömt.
6. Verfahren nach Punkt 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Sauerstoffkonzentration in dem zusätzlichen gasförmigen Medium etwa 0 - 15 Volumenprozent und die Sauerstoffkonzentration des durch die konzentrisch in der Düse angeordnete Zuleitung fließenden Gases etwa 30 - 75 Volumenprozent beträgt.
7. Verfahren nach Punkt 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Düse unterhalb des Fließbettes neben einem Sieb angeordnet ist, und ein gasförmiges, von Sauerstoff weitgehend freies Medium aufwärts durch das Sieb geleitet wird.
8. Verfahren nach Punkt 7, dadurch gekennzeichnet, daß das durch das Sieb verlaufende gasförmige Medium weniger als 5 Volumenprozent Sauerstoff enthält.
9. Verfahren nach Punkt 7, dadurch gekennzeichnet, daß das durch das Sieb verlaufende gasförmige Medium einen Teil des gasförmigen Produktes enthält, das bei der Vergasungsreaktion erzeugt wird, um den CO und H₂-Gehalt des heißen Reaktionsproduktes zu erhöhen.

10. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß das gasförmige Produkt Kohlenstaub enthält, der von dem gasförmigen Produkt abgetrennt und in die Fließbettreaktionszone so eingeführt wird, daß ein unmittelbarer Kontakt mit dem Sauerstoff enthaltenden Gas nahezu augenblicklich erfolgt, wenn dieses aus der konzentrisch angeordneten Zuleitung innerhalb der Abführdüse austritt.

11. Reaktor zur Umwandlung eines agglomerierenden Kohlenwasserstoffhaltigen Feststoffes in ein wertvolleres gasförmiges Produkt mittels einer Fließbettvergasungsreaktion, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zur Einleitung von Sauerstoff in den Boden des Bettes und zur Abführung agglomerierter Feststoffe vom Boden des Flüssigbettreaktors eine im Bodenteil des Reaktors (2) angeordnete Düse (40) mit einer verengten mittleren Öffnung (44) und eine konzentrisch in der Düse (40) angeordnete Zuleitung (50), die aufwärts in die Düse ragt und innerhalb von dieser an einer Stelle oberhalb der verengten mittleren Öffnung (44) endet, enthält, wobei die Düse (40) und die Zuleitung (50) so ausgelegt sind, daß sie die Einführung eines Gasstroms mit hohem Sauerstoffgehalt durch die Zuleitung (50) und die Einführung eines Gasstroms mit niedrigem Sauerstoffgehalt durch die Düse (40) erlauben, wodurch Asche wirksam agglomeriert und von dem Reaktor durch die Düse (40) durch die gemeinsame Wirkung der jeweiligen Gasströme abgeführt werden kann.

12. Reaktor nach Punkt 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Abführdüse aus einer Venturidüse (40) besteht.

13. Reaktor nach Punkt 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis des Reaktordurchmessers zum Durchmesser der Zuleitung (50) größer als etwa 10:1 ist.

14. Reaktor nach Punkt 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis des Durchmessers des Reaktors zum Durchmesser der Zuleitung (50) größer als etwa 20:1 ist.

Fig. 1

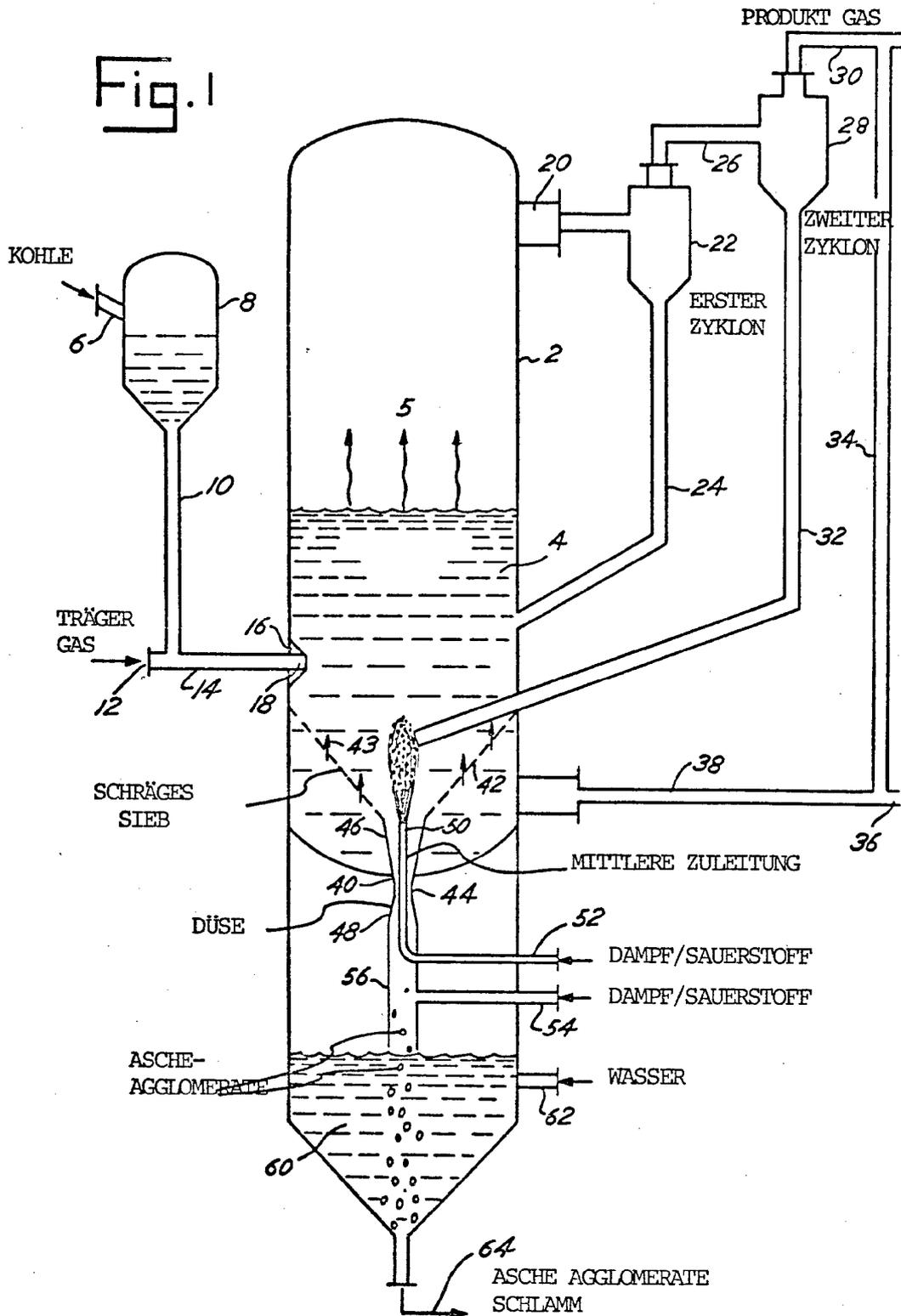


Fig. 2

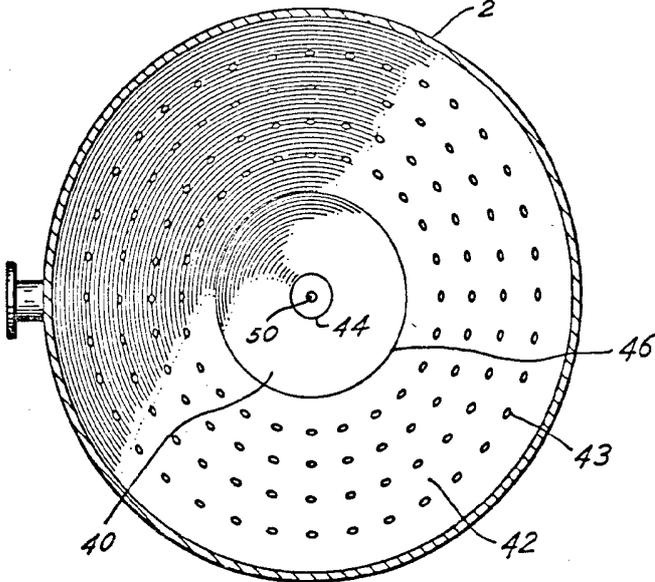


Fig. 3

