



(10) **DE 103 43 582 A1** 2005.05.19

Offenlegungsschrift

(51) Int Cl.⁷: **C10J 3/54**

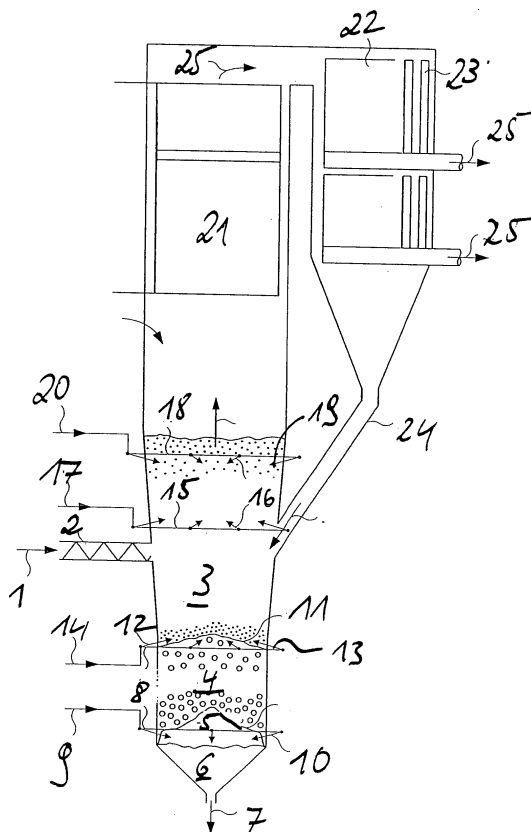
(43) Offenlegungstag: **19.05.2005**

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

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 10 17 314 C
DE 26 40 180 A1
EP 12 01 731 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vergasen von festen, kohlenstoffhaltigen Materialien in einer Wirbelschicht unter Verwendung von Vergasungsmitteln, die freien Sauerstoff erhalten, wobei ein staubbeladenes Rohgas die Wirbelschicht oberseitig und ein Bodenprodukt die Wirbelschicht unterseitig verlassen und wobei flüssige Schlacke abgezogen wird. Zwischen einem Schlackebad und der Wirbelschicht ist ein Trennbett aus Feststoff vorgesehen, das die Wirbelschicht unterseitig und einen oberhalb des Schlackebades gebildeten Reaktionsraum oberseitig begrenzt, wobei in diesem Reaktionsraum mittels dort eingeführter Vergasungsmittel eine weitestgehende Restvergasung des kohlenstoffhaltigen Bodenprodukts bei Temperaturen oberhalb des Aschefließpunkts durchgeführt wird. Hierdurch wird eine vollständige Vergasung beliebiger fester kohlenstoffhaltiger Materialien ermöglicht.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vergasen von festen, kohlenstoffhaltigen Materialien in einer Wirbelschicht unter Verwendung von Vergasungsmitteln, die freien Sauerstoff enthalten, wobei ein staubbeladenes Rohgas die Wirbelschicht oberseitig und ein Bodenprodukt die Wirbelschicht unterseitig verlassen und wobei flüssige Schlacke abgezogen wird.

Stand der Technik

[0002] Ein solches Verfahren ist beispielsweise aus der DE-PS 1017314 bekannt. Die DE 1017314 beschreibt ein Verfahren zur Erzeugung von Synthesegas aus staubförmiger bis grobkörniger Steinkohle in einer Wirbelschicht, wobei die Vergasungsrückstände flüssig abgezogen werden. Die DE-PS 1017314 geht davon aus, dass ein betriebssicherer Abstich flüssiger Schlacke bei Wirbelschichtvergasung zuvor nicht möglich gewesen sei, da durch die auf- und abwirbelnde Bewegung des Brennstoffbetts aus der heißen „Feuerzone“, die sich dort bildet, wo die Vergasungsmittel in den Brennstoff einströmen, ein Großteil der Wärme in die höheren Brennstoffschichten eingetragen wird. Zur Lösung dieses Problems wird in der DE-PS 1017314 vorgeschlagen, die endotherm reagierenden Vergasungsmittel im Wesentlichen in den oberen Teil der Brennstoffschicht des Gaserzeugers und die exotherm reagierenden Vergasungsmittel im Wesentlichen in den unteren Teil einzuführen und die Zufuhr der Vergasungsmittel so zu regeln, dass im unteren Teil der Schicht eine unmerkliche bis schwache und im oberen Teil eine starke Bewegung des Brennstoffs stattfindet. Hierdurch soll der Wärmetransport durch den wirbelnden Brennstoff verringert werden und verhindert werden, dass Wärme durch die Zersetzung von Wasserdampf im unteren Teil des Gaserzeugers verbraucht wird. So können die im unteren Teil des Gaserzeugers entstehenden Vergasungsrückstände sowie die aus den oberen Brennstoffschichten absinkenden Vergasungsrückstände im unteren Teil des Gaserzeugers als geschmolzene Schlacke flüssig abgezogen werden.

[0003] Diese Lösung ist insoweit nachteilhaft, da kein gleichmäßiger Reaktionsumsatz über den Querschnitt einer unmerklich bis schwach bewegten Brennstoffschicht erzielt werden kann und somit Querschnittsbereiche ohne Reaktionsumsatz vorliegen. In diesen Bereichen wäre unvergaster Restkohlenstoff neben flüssiger und erstarrter Schlacke vorhanden, wodurch der Schlackeabzug behindert würde. Außerdem würden hohe Anteile an Restkohlenstoff mit der Schlacke abgezogen werden.

[0004] Die stufenweise Einbringung des Vergasungsmittels gemäß der in der DE-PS 1017314 vor-

geschlagenen Verfahrensweise ist außerdem für ein Vergasungsverfahren mit hohen thermischen Leistungen nicht geeignet. Der hauptsächliche Kohlenstoffumsatz findet mit Hilfe der endotherm reagierenden Vergasungsmittel statt. Wenn die endotherm reagierenden Vergasungsmittel in den oberen Teil der Brennstoffschicht eingeführt werden, ist die Verweilzeit dieser Vergasungsmittel zu kurz, um den gewünschten Kohlenstoffumsatz zu erreichen. Das entstehende Produktgas würde unreaktierte Anteile an endotherm reagierenden Vergasungsmitteln erhalten und die Gasaustrittstemperatur würde so stark ansteigen, dass der Ascheerweichungspunkt in Teilen der Wirbelschicht überschritten würde. Bei einer solchen Temperaturüberschreitung würde das Betreiben der Wirbelschicht nicht mehr möglich sein.

[0005] Es sind verschiedene Vorschläge bekannt, um bei der Vergasung fester kohlenstoffhaltiger Materialien einen möglichst vollständigen Kohlenstoffumsatz zu erreichen.

[0006] Beispielsweise ist aus der EP 1201731 A1 ein Verfahren zur Wirbelschichtvergasung bekannt, bei dem das Bodenprodukt aus der Wirbelschicht in fester Form abgezogen wird. Um einen Austrag von kohlenstoffhaltigen Vergasungsrückständen aus dem Vergaser zu vermeiden und somit innerhalb des Vergasers einen möglichst hohen Kohlenstoffumsatz zu erzielen, wird in der EP 1201731 A1 vorgeschlagen, unterhalb der Wirbelschicht eine erste und eine zweite Nachvergasungszone vorzusehen. Dabei wird der mit dem Rohgas aus der Wirbelschicht ausgetragene Kohlenstaub vollständig in die Wirbelschicht zurückgeführt. Der den Vergaser verlassende feste Rückstand soll einen so geringen Kohlenstoffgehalt aufweisen, dass er ohne weiteres deponierbar ist. Zudem wird das Verfahren insbesondere in der zweiten Nachvergasungszone so geführt, dass auch eventuelle Sulfidbestandteile der Asche oxidiert werden, um auch in dieser Hinsicht die festen Vergasungsrückstände deponierbar zu machen. Hierzu wird ein Aschegranulat erzeugt, in dem flüchtige Alkalien und Schwermetalle nicht eluierbar eingebunden sind. In der Nachvergasungszone wird die Temperaturführung so gewählt, dass die Ascheerweichung und damit einhergehende Anbackungen möglichst vermieden werden, so dass der problemlose Abzug des Aschegranulats möglich ist.

[0007] Die vollständige und verschlackungsfreie Vergasung nach dem in der EP 1201731 A1 beschriebenen Verfahren setzt jedoch geeignete Brennstoffe, wie beispielsweise getrocknete Braunkohlen voraus, die sowohl eine ausreichend hohe Reaktionsfähigkeit des Restkokes als auch eine ausreichend hohe Ascheerweichungstemperatur aufweisen. Von der überwiegenden Anzahl der Kohlen oder anderer organischer Brennstoffe werden diese Anforderungen nicht gleichzeitig erfüllt. Höher inkohl-

te Brennstoffe, wie Hartbraunkohlen und Steinkohlen, bilden in der Regel Restkokse mit sehr geringer Reaktionsfähigkeit, die bei Temperaturen unterhalb des Ascheerweichungspunktes bei 950 bis 1000°C in angemessener Zeit nicht vollständig vergast werden können. Niedrig inkohlte Brennstoffe, wie beispielsweise Braunkohlen und Torf, oder Abfälle oder Biomassen besitzen überwiegend sehr niedrige und in der Höhe schwankende Ascheerweichungspunkte, beispielsweise in der Größenordnung zwischen 700 und 800°C. Da die Vergasungstemperaturen höher liegen, kommt es zu Verschlackungen. Diese Brennstoffe sind daher zur Vergasung nach dem in der EP 1201731 beschriebenen Verfahren nicht geeignet.

Aufgabenstellung

[0008] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Wirbelschichtvergasung mit Flüssigschlackeabzug der eingangs genannten Art so zu verbessern, dass verschiedenste Brennstoffe bei gleichzeitiger Erzielung eines nahezu vollständigen Kohlenstoffumsatzes einsetzbar sind. Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens bereitzustellen.

[0009] Die Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, dass zwischen einem Schlackebad und der Wirbelschicht ein Trennbett aus Feststoff vorgesehen ist, das die Wirbelschicht unterseitig und einen oberhalb des Schlackebades gebildeten Reaktionsraum oberseitig begrenzt, und dass in diesem Reaktionsraum mittels dort eingeführter Vergasungsmittel eine weitestgehende Restvergasung des Kohlenstoffgehalts des Bodenprodukts bei Temperaturen oberhalb des Ascheefließpunkts durchgeführt wird. Hierdurch lässt sich die vollständige Umsetzung beliebiger kohlenstoffhaltiger Einsatzstoffe bzw. die vollständige Vergasung solcher Einsatzstoffe erreichen.

[0010] Die Verfahrensführung wird vorzugsweise so gewählt, dass das Trennbett ständig eine ununterbrochene Schüttung bildet, aus der stochastisch Bodenprodukt in das Schlackebad herabrutscht. Das Trennbett, das als quasi instabiles Feststoffbett ausgebildet ist, wird durch Bodenprodukt, das aus der Wirbelschicht herabfällt, ständig erneuert.

[0011] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Einstromgeschwindigkeit des Vergasungsmittels in den Reaktionsraum oberhalb des Schlackebades so gewählt wird, dass innerhalb des Reaktionsraums eine Rezirkulationsströmung durch einen Injektoreffekt des einströmenden Vergasungsmittels erzeugt wird. Durch die Wahl einer hohen Eintrittsgeschwindigkeit des Vergasungsmittels in den Reaktionsraum, beispielsweise zwischen 20 bis 180 m/s, wird dort eine turbulente Strömung erzeugt, so dass dort der zu vergasende Restkohlenstoff in innigen Kontakt mit dem

Vergasungsmittel kommt. So ist gewährleistet, dass sich im gesamten Reaktionsraum oberhalb des Schlackebades „Flugstrom-Vergasungsbedingungen“ einstellen. Der Restkoks wird in diesem Freiraum über dem Schlackebad intensiv bewegt und mit freiem Sauerstoff ständig in Kontakt gebracht.

[0012] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Leerrohrgeschwindigkeit der das Trennbett durchströmenden Produktgase zwischen 0,05 bis 1 m/s beträgt. Leerrohrgeschwindigkeit im Sinne der Erfindung bedeutet Geschwindigkeit des feststofffreien Gases bezogen auf den feststofffreien durchströmten Querschnitt. Durch die verhältnismäßig niedrige Strömungsgeschwindigkeit im Trennbett und eine dort vorherrschende verhältnismäßig hohe Temperatur wird die unterbrechungsfreie Schüttung desselben gewährleistet.

[0013] Der Temperaturverlauf im Trennbett wird weiterhin vorzugsweise so gewählt, dass die Schüttung des Trennbetts zumindest teilweise durch erweichte und/oder geschmolzene Asche stabilisiert wird.

[0014] Das oberhalb des Schlackebades in den Reaktionsraum eingebrachte Vergasungsmittel umfasst Wasserdampf und Sauerstoff im Verhältnis Wasserdampf zu Sauerstoff zwischen 0,3 bis 1,5 kg/m³_{i.N.}, vorzugsweise zwischen 0,6 bis 1,0 kg/m³_{i.N.}.

[0015] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird weiterhin durch einen Wirbelschichtvergaser zum Vergasen von festen kohlenstoffhaltigen Materialien gelöst, mit einem Flüssigschlackeabzug, mit einer ersten in Strömungsrichtung der Produktgase und Vergasungsmittel zuunterst angeordneten Vergasungsmittel-Düsenebene mit Vergasungsmittel-Eintragslanzen oder -Düsen zum Einbringen eines ersten Vergasungsmittels mit wenigstens einer stromabwärts darüberliegend angeordneten zweiten Vergasungsmittel-Düsenebene mit Vergasungsmittel-Eintragsdüsen zum Einbringen eines zweiten Vergasungsmittels zur Basisfluidisierung der Wirbelschicht, wobei sich zwischen der ersten und zweiten Vergasungsmittel-Düsenebene ein im Querschnitt etwa gleichbleibend großer Vergaser-Innenraum erstreckt, dessen Volumen so bemessen ist, dass dieses etwa ein Drittel bis ein Zehntel des für die Wirbelschicht benötigten Vergaservolumens beträgt.

[0016] Durch die in zylindrischer Form ausgeführte Wandkontur des Vergasers im Bereich des Trennbetts kann die Schüttung desselben stochastisch herabrutschen. Um zu gewährleisten, dass die stochastischen Schüttgutbewegungen keine negativen Auswirkungen auf den Vergasungsprozess haben, beträgt das für das Trennbett zur Verfügung stehende Volumen des Vergasers etwa ein Drittel bis ein Zehntel des für die Wirbelschicht benötigten Vergaservolumens.

[0017] Bei einer bevorzugten Variante des Vergasers der Erfindung beträgt das Verhältnis des maximalen Vergaser-Innendurchmessers im Bereich der Wirbelschicht zum Vergaser-Innendurchmesser im Bereich der ersten Vergasungsmittel-Düsenebene zwischen 1 und 2,25. Der Wirbelschichtvergaser nach der Erfindung unterscheidet sich diesbezüglich deutlich von Wirbelschichtvergasern nach dem Stand der Technik, bei denen die äußere Wandkontur der Wirbelschicht nach unten hin konisch stark eingezogen ist, um den erforderlichen stetigen Übergang zu dem verhältnismäßig geringen Innendurchmesser des Ascheabzugs herzustellen. Die sich hieraus ergebenden Durchmesserhältnisse der oben beschriebenen Art betragen dann bei nach dem Stand der Technik gebauten Wirbelschichtvergasern zwischen 2,5 und 5,6 und mehr. Dies hat erhebliche Nachteile zur Folge. Die Vergasungsmittel müssen technisch aufwendig über eine größere Anzahl von Düsenebenen gestuft über die Wirbelschichthöhe zugeführt werden, um eine gleichmäßige Fluidisierung über die Höhe der Wirbelschicht zu erzielen.

[0018] Die erfindungsgemäße Wahl des Durchmesserhältnisses hat den Vorzug, dass die Anzahl der für die Fluidisierung notwendigen Düsenebenen auf 2 bis 3 verringert werden kann. Im Idealfall wird nur eine Düsenebene für die Wirbelschicht benötigt, und zwar die Düsenebene für die Basisfluidisierung. Der technische Aufwand für die Vergasungsmittelzuführung wird dadurch deutlich verringert.

[0019] Zweckmäßigerweise sind die Vergasungsmittel-Düsen der ersten Vergasungsmittel-Düsenebene 10° bis 30° nach unten gerichtet, um einen intensiven Wärmeeintrag durch direkten Kontakt des Schlackebades mit der turbulenten Gasströmung zu gewährleisten und unvergastem Restkohlenstoff auf der Oberfläche des Schlackebades vollständig umzusetzen.

[0020] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Vergasungsmittel-Düsen der zweiten Vergasungsmittel-Düsenebene horizontal oder in einem Winkel bis zu 30° gegen die Horizontale nach oben oder unten geneigt angeordnet sind, wodurch die Oberflächenkontur des Trennbetts fixiert wird. Zum Zwecke der Fixierung der Oberflächenkontur des Trennbetts sind die Vergasungsmittel-Düsen möglichst gleichmäßig radial um den Umfang des Vergasers verteilt. Die nach unten gerichtete Anordnung führt im Falle gut fluidisierbarer Feststoffe, die die Strahlausbreitung wenig oder nicht behindern, infolge des intensiveren Gas-Feststoff-Kontaktes zur Verbesserung des Reaktionsumsatzes. Die nach oben gerichtete Anordnung wird angewendet, wenn zu befürchten ist, dass die Strahlausbreitung beispielsweise durch Schlackebildung behindert wird.

[0021] Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Beispiels erläutert. Die Zeichnung zeigt in stark vereinfachter und schematischer Darstellung einen Vergaser zur Erzeugung von Brenngas für den Einsatz in einer Gasturbine unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Obwohl sich das Verfahren gemäß der Erfindung zur Vergasung verschiedenster kohlenstoffhaltiger fester Materialien bis hin zum Abfall eignet, wird im Folgenden das Verfahren anhand der Vergasung einer typischen Kesselkohle (Steinkohle) mit einem Aschegehalt von 7,4 MA.-% und einem Heizwert des wasserfreien Brennstoffs HU von 31,44 MJ/kg beschrieben.

[0022] Der nachstehend zu beschreibende Vergaser **1** ist für eine verhältnismäßig hohe Leistung ausgelegt, d. h. für einen Kohledurchsatz von etwa 200 t/h, was einer thermischen Leistung von etwa 1.750 MW_{th} entspricht. Die eingesetzte Steinkohle weist eine Ascheerweichungstemperatur von 1.200°C, eine Ascheschmelztemperatur von 1.390°C und eine Aschefließtemperatur von 1.460°C auf. Die Vergasung erfolgt mit Vergasungsmitteln, bestehend aus Gemischen von technischem Sauerstoff mit Wasserdampf sowie reinem Wasserdampf. Der Vergasungsdruck beträgt 27 bar.

[0023] In den Vergaser wird die Kohle **1** über eine Eintragsvorrichtung **2** in die dort vorherrschende Wirbelschicht eingetragen. Mit der Wirbelschicht **3** fällt Bodenprodukt nach unten und bildet ein Trennbett **4**, welches, wie nachstehend noch erläutert wird, als quasi instabiles Festbett ausgebildet ist. Unterhalb des Trennbetts ist ein etwa domförmiger Reaktionsraum **5** ausgebildet, durch den Material aus der Schüttung des Trennbetts **4** in das darunter befindliche Schlackebad **6** herabfällt. Aus dem Schlackebad **6** kann flüssige, kohlenstofffreie Schlacke **7** abgezogen werden.

[0024] In den Reaktionsraum **5** wird in Höhe einer ersten Vergasungsmitteldüsen-Ebene **8** ein erstes Vergasungsmittel **9** zur Restvergasung des kohlenstoffhaltigen Bodenproduktes aus der Wirbelschicht **3** eingebracht. Der hauptsächliche Kohlenstoffumsatz findet in der Wirbelschicht **3** statt. Es wird hier davon ausgegangen, dass ein Teil des Bodenproduktes in von noch nicht umgesetzten Kohlenstoff in Form von Restkoks enthält. Die Restvergasung des kohlenstoffhaltigen Bodenproduktes findet, wie eingangs bereits erwähnt, in dem Reaktionsraum **5** statt, in den erste Vergasungsmittel bestehend aus Wasserdampf und technischem Sauerstoff mit einem Dampf/Sauerstoffverhältnis von 0,76 kg/m³_{i,N} mit einer hohen Strömungsgeschwindigkeit zwischen 14 und 80 m/s eingebracht werden. Die Umsetzung des restlichen Kohlenstoffes erfolgt dabei bei adiabaten Reaktionstemperaturen von durchschnittlich 1.900°C, d. h.

oberhalb des Aschefließpunkts. Das Eintragen des ersten Vergasungsmittels **9** erfolgt dabei radial über den Umfang des Vergasers **1** verteilt mittels spezieller wassergekühlter erster Vergasungsmittel-Düsen **10**. Die Vergasungsmittel-Düsen **10** sind dabei etwa um 15° nach unten gegen die Strömungsrichtung des erzeugten Produktgases gerichtet. Aufgrund der hohen Einstömgeschwindigkeit des ersten Vergasungsmittels **9** wird innerhalb des Reaktionsraums **5** eine Rezirkulationsströmung aufgrund des hierdurch erzielten Injektoreffektes erzeugt. Durch die turbulente Strömung innerhalb des Reaktionsraums **5** stellen sich Bedingungen ein, die mit Flugstrom-Vergasungsbedingungen vergleichbar sind.

[0025] Innerhalb des Trennbetts **4** wird eine Gasströmungsgeschwindigkeit von etwa 0,05 bis 1 m/s bezogen auf den freien Querschnitt des Vergasers eingestellt. Im Trennbett herrschen Temperaturen oberhalb der Ascheschmelztemperatur vor. In Höhe der Obergrenze **11** des Trennbetts **4** ergibt sich eine Gasströmungsgeschwindigkeit bezogen auf den freien Querschnitt des Vergasers von 0,3 m/s bei einer Temperatur von etwa 1.400°C . Innerhalb des Trennbetts **4** ist dessen Schüttung teilweise durch erweichte und/oder geschmolzene Asche stabilisiert. Aufgrund der verhältnismäßig niedrigen Gasströmungsgeschwindigkeiten innerhalb der Schüttung des Trennbetts **4** durch die im Bereich des Trennbetts **4** etwa zylindrische Ausgestaltung des Vergasers als auch durch die hohe Temperatur innerhalb des Trennbetts **4** ist eine Stabilisierung desselben derart gewährleistet, dass Feststoff aus dem Trennbett **4** stochastisch in das Schlackebad **6** herabrutscht. Die Höhe des Trennbetts **4** beträgt bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel etwa 2 bis 3 m.

[0026] In etwa der Höhe der Obergrenze **11** des Trennbetts **4** wird in einer zweiten Vergasungsmittel-Düsenebene **12** über Vergasungsmittel-Düsen **13** ein zweites Vergasungsmittel **14** in den Vergaser eingebracht. Die Vergasungsmittel-Düsen **13** sind radial über den Umfang des Vergasers verteilt angeordnet und etwa in einem 15° -Winkel zur Längsachse des Vergasers nach oben ausgerichtet. Das eintretende zweite Vergasungsmittel **14** dient einerseits der Basisfluidisierung der Wirbelschicht **3**, andererseits fixiert dieses die Obergrenze **11** des Trennbetts **4**.

[0027] Wie der Zeichnung andeutungsweise zu entnehmen ist, stellt sich an der Obergrenze **11** des Trennbetts **4** ein in Strömungsrichtung der Produktgase erhabenes Querschnittsprofil desselben ein.

[0028] Das zweite Vergasungsmittel **14** besteht aus Wasserdampf und technischem Sauerstoff mit einem Dampf/Sauerstoff-Verhältnis von $1,54 \text{ kg/m}^3_{\text{i.N.}}$. In der Wirbelschicht **3** stellen sich bei einer Gasströmungsgeschwindigkeit von etwa 2,3 m/s bezogen auf den freien Querschnitt des Vergasers Temperaturen von

etwa 1.050°C bis etwa 950°C am oberen Ende der Wirbelschicht **3** ein. Wie bereits erwähnt, erfolgt in der Wirbelschicht **3** ca. 90% des Kohlenstoffumsatzes, was etwa $1.575 \text{ MW}_{\text{th}}$ von insgesamt $1.750 \text{ MW}_{\text{th}}$ des mit der Kohle **1** eingebrachten Heizwertstromes entspricht.

[0029] Oberhalb der zweiten Vergasungsmittel-Düsenebene **12** ist eine weitere, dritte Vergasungsmittel-Düsenebene **15** vorgesehen, deren radial über den Umfang des Vergasers verteilt angeordnete Vergasungsmittel-Düsen **16** bezogen auf die Längsachse des Vergasers ebenfalls nach oben ausgerichtet sind. Über die Vergasungsmittel-Düsen **16** wird ein drittes Vergasungsmittel **17** in Form von Wasserdampf und technischem Sauerstoff mit einem Dampf/Sauerstoff-Verhältnis von $1,00 \text{ kg/m}^3_{\text{i.N.}}$ in den Vergaser eingebracht.

[0030] In Strömungsrichtung des Produktgases oberhalb der dritten Vergasungsmittel-Düsenebene **15** ist schließlich eine weitere vierte Vergasungsmittel-Düsenebene **18** vorgesehen, mit Vergasungsmittel-Düsen **19**, über die ein viertes Vergasungsmittel **20** bestehend aus reinem Wasserdampf in den Vergaser eingebracht wird. Die Vergasungsmittel-Düsen **19** der vierten Vergasungsmittel-Düsenebene **18** sind leicht nach unten geneigt, und zwar um etwa 15° bezogen auf die Längsachse des Vergasers, um bessere Stoff- und Wärmeübertragungsbedingungen in diesem Bereich des Vergasers zu erzielen.

[0031] Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel werden insgesamt bei einer Leistung von $1.750 \text{ MW}_{\text{th}}$ $101 \text{ m}^3_{\text{i.N.}}/\text{h}$ an technischem Sauerstoff und 147 t/h an Dampf eingesetzt. Oberhalb der Wirbelschicht **3** wird staubbeladenes Rohgas **25** über einen Wärmetauscher **21** abgeführt, in dem dieses auf etwa 600°C abgekühlt wird. Dem Wärmetauscher **21** ist ein Heißgasfilter **22** nachgeschaltet, in welchem das Rohgas **25** mittels keramischer Filterkerzen **23**, die in zwei oder mehreren Reihen übereinander angeordnet sind, vollständig entstaubt wird. Der in dem Heißgasfilter **22** anfallende Staub wird mit Hilfe der Schwerkraft über eine Rückföhrleitung **24** der Wirbelschicht **3** wieder zugeführt.

[0032] Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel beträgt der maximale Durchmesser der Wirbelschicht etwa 3,7 m, das Durchmesser Verhältnis des Vergasers, d. h. Durchmesser im Bereich der maximalen Wirbelschicht zu Durchmesser im Bereich des Trennbetts **4**, beträgt 1,88. Die mittlere Schütthöhe des Trennbetts **4** beträgt etwa 2 m. Das Volumen des Trennbetts **4** beträgt ca. $11,4 \text{ m}^3$. Das von der Wirbelschicht **3** beanspruchte Volumen beträgt etwa 50 m^3 ; das Volumen des Trennbetts **4** beträgt somit das 0,228-fache des Volumens der Wirbelschicht.

Bezugszeichenliste

1	Kohle
2	Eintragsvorrichtung
3	Wirbelschicht
4	Trennbett
5	Reaktionsraum
6	Schlackebad
7	Schlacke
8	erste Vergasungsmittel-Düsenebene
9	erste Vergasungsmittel
10	Vergasungsmittel-Düsen
11	Obergrenze
12	zweite Vergasungsmittel-Düsenebene
13	Vergasungsmittel-Düsen
14	zweites Vergasungsmittel
15	dritte Vergasungsmittel-Düsenebene
16	Vergasungsmittel-Düsen
17	drittes Vergasungsmittel
18	vierte Vergasungsmittel-Düsenebene
19	Vergasungsmittel-Düsen
20	viertes Vergasungsmittel
21	Wärmetauscher
22	Heizgasfilter
23	Filterkerzen
24	Rückführleitung
25	Rohgas

Patentansprüche

1. Verfahren zum Vergasen von festen, kohlenstoffhaltigen Materialien in einer Wirbelschicht unter Verwendung von Vergasungsmitteln, die freien Sauerstoff enthalten, wobei ein staubbeladenes Rohgas die Wirbelschicht oberseitig und ein Bodenprodukt die Wirbelschicht unterseitig verlassen und wobei flüssige Schlacke abgezogen wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen einem Schlackebad und der Wirbelschicht ein Trennbett aus Feststoff vorgesehen ist, das die Wirbelschicht unterseitig und einen oberhalb des Schlackebads gebildeten Reaktionsraum oberseitig begrenzt und dass in diesem Reaktionsraum mittels dort eingeführter Vergasungsmittel eine weitestgehende Restvergasung des kohlenstoffhaltigen Bodenprodukts bei Temperaturen oberhalb des Aschefließpunkts durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Trennbett ständig eine ununterbrochene Schüttung bildet, aus der stochastisch Bodenprodukt in das Schlackebad herabrutscht.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einströmgeschwindigkeit des Vergasungsmittels in den Reaktionsraum oberhalb des Schlackebades so gewählt wird, dass innerhalb des Reaktionsraums eine Rezirkulationsströmung durch einen Injektoreffekt erzeugt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet, dass die Eintrittsgeschwindigkeit des Vergasungsmittels in den Reaktionsraum zwischen 20 bis 180 m/s beträgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Leerrohrgeschwindigkeit der das Trennbett durchströmenden Produktgase zwischen 0,05 bis 1 m/s beträgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Temperaturverlauf im Trennbett so gewählt ist, dass die Schüttung des Trennbetts zumindest teilweise durch erweichte und/oder geschmolzene Asche stabilisiert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Vergasungsmittel Wasserdampf und Sauerstoff im Verhältnis Wasserdampf zu Sauerstoff zwischen 0,3 bis 1,5 kg/m³_{i,N.}, vorzugsweise zwischen 0,6 bis 1,0 kg/m³_{i,N.} umfasst.

8. Wirbelschichtvergaser zum Vergasen von festen kohlenstoffhaltigen Materialien, mit einem Flüssigschlackeabzug, mit einer ersten in Strömungsrichtung der Produktgase und Vergasungsmittel zu unterst angeordneten Vergasungsmittel-Düsenebene (8) mit Vergasungsmittel-Eintragslanzen oder -Düsen (10) zum Einbringen eines ersten Vergasungsmittels (9), mit wenigstens einer stromabwärts darüberliegend angeordneten zweiten Vergasungsmittel-Düsenebene (12) mit Vergasungsmittel-Düsen (13) zum Einbringen eines zweiten Vergasungsmittels (14) zur Basisfluidisierung der Wirbelschicht (3), wobei sich zwischen der ersten und zweiten Vergasungsmittel-Düsenebene ein im Querschnitt etwa gleichbleibend großer Vergaser-Innenraum erstreckt, dessen Volumen so bemessen ist, dass dieses etwa ein Drittel bis ein Zehntel des für die Wirbelschicht benötigten Vergaservolumens beträgt.

9. Wirbelschichtvergaser nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis des maximalen Vergaser-Innendurchmessers im Bereich der Wirbelschicht zum Vergaser-Innendurchmesser im Bereich der ersten Vergasungsmittel-Düsenebene (8) zwischen 1 und 2,25 beträgt.

10. Wirbelschichtvergaser nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Vergasungsmittel-Düsen (10) der ersten Vergasungsmittel-Düsenebene (8) um einen Winkel von 10° bis 30° nach unten gerichtet sind.

11. Wirbelschichtvergaser nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Vergasungsmittel-Düsen (13) der zweiten Vergasungsmittel-Düsenebene (12) horizontal oder in einem Winkel von bis zu 30° gegen die Horizontale nach oben oder unten geneigt angeordnet sind.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

