



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 014 161.0**
(22) Anmeldetag: **18.07.2012**
(43) Offenlegungstag: **20.02.2014**

(51) Int Cl.: **C10J 3/16 (2006.01)**
C10J 3/06 (2006.01)
C10J 3/22 (2006.01)

(71) Anmelder:
Ecoloop GmbH, 38640, Goslar, DE

(72) Erfinder:
Baumann, Leonhard, 94501, Aldersbach, DE;
Möller, Roland, 38667, Bad Harzburg, DE

(74) Vertreter:
Heinrich Erb Partner, Patentanwalt Dipl.-Wirtsch.-
Ing. Bernd Jochem, 60314, Frankfurt, DE

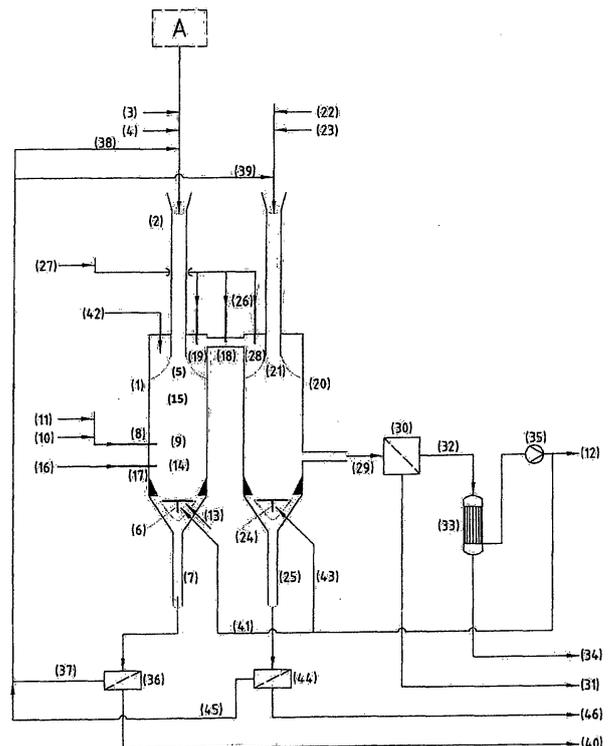
(56) Ermittelte Stand der Technik:
DE 40 30 644 A1
DE 10 2007 062 414 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Gegenstrom-/Gleichstrom-Vergasung von kohlenstoffreichen Substanzen**

(57) Zusammenfassung: Das Verfahren dient zur Erzeugung von Synthesegas durch Vergasung von kohlenstoffreichen Substanzen unter Nutzung von Schüttgut als Reaktionsoberfläche. Die Vergasung erfolgt in einer ersten Stufe in einem ersten vertikalen Prozessraum (1) in einer ersten von oben nach unten beweglichen Schüttgutsäule (5), dem die kohlenstoffreichen Substanzen (A) vor Eintritt in den ersten vertikalen Prozessraum (1) beigegeben werden, mit sauerstoffhaltigem Gas durch Partialoxidation im Gegenstrom. Um die gasförmigen Reaktionsprodukte energieeffizient als qualitativ hochwertiges Synthesegas in hoher Gasausbeute und frei von Öl- und Teeranteilen gewinnen zu können, wird vorgeschlagen, die dabei entstehenden gasförmigen Produkte im oberen Bereich in einen zweiten vertikalen Prozessraum (20) zu leiten und in einer zweiten Stufe im Gleichstrom mit sauerstoffhaltigem Gas in einer von oben nach unten bewegten Schüttgutsäule (21) unter Erhöhung der Temperatur nachzuvergasen, wobei sie in einem weiter unter liegenden Bereich (29) des vertikalen Prozessraums (20) abgezogen werden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung befasst sich mit einem Verfahren zur Erzeugung von Synthesegas durch Vergasung von kohlenstoffreichen Substanzen unter Nutzung von Schüttgut als Reaktionsoberfläche.

[0002] Derartige Verfahren sind bereits bekannt und werden in Gegenstromvergäsern durchgeführt.

[0003] Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist aus der AT 387 786 B bekannt, die die Verwendung eines selbst nicht oxidiertem, im Kreislauf geführten Schüttguts beschreibt.

[0004] In DE 10 2007 062 414.1-24 ist ein Verfahren der eingangs genannten Art zur Vergasung kohlenstoffreicher Substanzen beschrieben, das die Umwandlung unterschiedlichster Kohlenstoffträger unter Nutzung eines Gegenstromvergäserters in Synthesegas vorschlägt. Dieses Verfahren nutzt ein im Kreislauf geführtes Schüttgut als Reaktionswanderbett, wobei vorzugsweise alkalische Stoffe, insbesondere Calciumoxid (CaO) als Feingut zugesetzt werden, oder gar das gesamte Schüttgut aus CaO besteht. Ein weiteres wesentliches Merkmal dieses Verfahrens besteht darin, dass die gasförmigen Reaktionsprodukte an der Oberseite des Gegenstromvergäserters abgezogen werden. Nachteilig ist allerdings, dass die gasförmigen Reaktionsprodukte noch unerwünschte Öl- und Teer-Anteile enthalten, die in einer nachgeschalteten Flugstromnachvergasung nur teilweise in der Gasphase reduziert werden können.

[0005] Gegenstromvergäserter mit einem Schüttgut-Reaktionswanderbett weisen hervorragende Stoffübergänge zwischen den einzelnen Phasen der Reaktanten auf, sodass insbesondere auch Reaktionen zwischen der Feststoff- und der Gasphase energetisch hocheffiziente Ausführungsformen solcher Vergasungsverfahren gestatten. Der wesentliche Nachteil von Gegenstromvergäsern besteht jedoch darin, dass die erreichbare maximale Gastemperatur am oberen Gasaustritt durch die Vorwärmung der oben eingebrachten Feststoffe limitiert ist. Dadurch können zumeist nur Temperaturen von maximal 400°C realisiert werden. Das führt zumeist dazu, dass die Qualität der gasförmigen Reaktionsprodukte durch nicht vollständig vergaste Öl- und Teer-Anteile geschmälert wird und zudem unerwünschte Kondensationen solcher Nebenprodukte im oberen Gasraum und in den Gasabzugsrohren auftreten.

[0006] Um diesen Problemen zu begegnen, wird den Gegenstromvergäsern zumeist eine zweite Vergasungsstufe nachgeschaltet, die bei deutlich höheren Temperaturen, die teilweise oberhalb 1000°C liegen, die thermische Spaltung der Öl- und Teer-Anteile gewährleisten. Solche 2-Stufigen Vergasungsverfahren

sind allerdings enorm aufwendig und weisen zumeist unbefriedigende thermische Wirkungsgrade auf.

[0007] Für die vorliegende Erfindung hat sich daher die Aufgabe gestellt, Verfahren der oben beschriebenen Art dahingehend zu verbessern, dass die gasförmigen Reaktionsprodukte energieeffizient als qualitativ hochwertiges Synthesegas in hoher Gasausbeute und frei von Öl- und Teer-Anteilen gewonnen werden können.

[0008] Diese Aufgabe wird in einem Verfahren der Eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die Vergasung in einer ersten Stufe in einem ersten vertikalen Prozessraum in einer ersten von oben nach unten bewegten Schüttgutsäule, dem die kohlenstoffreichen Substanzen vor Eintritt in den ersten vertikalen Prozessraum beigegeben werden, mit sauerstoffhaltigem Gas durch Partialoxidation im Gegenstrom durchgeführt wird und die dabei entstehenden gasförmigen Produkte in einen zweiten vertikalen Prozessraum geleitet, und in einer zweiten Stufe im Gleichstrom mit sauerstoffhaltigem Gas in einer zweiten von oben nach unten bewegten Schüttgutsäule unter Erhöhung der Temperatur nachvergast, und im unteren Bereich des vertikalen Prozessraums, abgezogen werden.

[0009] Es hat sich gezeigt, dass die Nachvergasung von Öl- und Teer-haltigen Synthesegasen besonders effizient in Schüttgutsäulen durchgeführt werden kann. Dabei wirkt das Schüttgut als Reaktionsoberfläche, auf der solche Öl- und Teerähnlichen Stoffe ein Kondensations- und Verdampfungsgleichgewicht ausbilden, wodurch eine Verlängerung der mittleren Verweilzeit solcher Stoffe in der Nachvergasungszone erreicht wird. Das Schüttgut fungiert gleichzeitig als Energiepuffer und gewährleistet eine nahezu ideale Energieverteilung. Dadurch kann eine sehr effiziente thermische Spaltung der Öle und Teere gewährleistet werden. Weiterhin hat sich gezeigt, dass die bewegte Schüttgutsäule in der Nachvergasung als erste Staubabscheidungsstufe wirkt, wobei der aus der Gasphase abgeschiedene Staub durch die wandernde Schüttgutsäule sehr einfach aus der Nachvergasung zusammen mit dem Schüttgut abgetragen werden kann.

[0010] Vorzugsweise werden die erste Schüttgutsäule und/oder die zweite Schüttgutsäule aus Schüttgut gebildet, das eine Korngröße von bis zu 30 cm aufweist. Durch dieses grobstückige Schüttgut können in beiden Prozessräumen eine ideale Gasdurchlässigkeit, Energieverteilung sowie sehr gute Stoffübergänge gewährleistet werden.

[0011] Um eine hohe Qualität der gasförmigen Produkte zu erreichen ist es vorteilhaft, wenn das Schüttgut in der ersten Schüttgutsäule und/oder der zweiten Schüttgutsäule ganz oder teilweise aus alkalischen

Stoffen, beispielsweise aus grobstückigem Calciumoxid besteht, und/oder diesem alkalische Stoffe, beispielsweise grobstückiges Calciumoxid und besonders bevorzugt staubförmiges Calciumoxid und/oder Calciumhydroxid zugemischt werden. Insbesondere der Einsatz von Calciumoxid hat sich als vorteilhaft erwiesen, da dieser Stoff katalytische Eigenschaften aufweist, welche die thermische Spaltung von Öl- und Teer-ähnlichen Crackprodukten befördert und gleichzeitig als Schadstoffbinder fungiert. So werden beispielsweise Chlor- und Schwefelanteile chemisch am Calcium gebunden, während sich Schwermetalle physikalisch an der aktiven Oberfläche des Calciumoxids binden.

[0012] Im ersten vertikalen Prozessraum wird eine Oxidationszone ausgebildet, in der die in den oberen Prozessraumzonen entstehende Pyrolysekoks oxidiert, und dadurch dem Prozess die notwendige Energie zugeführt wird. Für die Inbetriebnahme und für die Fixierung der Oxidationszone ist diese mit einer Stützfeuerung ausgestattet, die über Brennerlanzen mit Brennstoff und mit Oxidationsgas betrieben wird.

[0013] Grundsätzlich erfolgt die Vergasung im ersten vertikalen Prozessraum durch Zugabe von Luft und/oder technischem Sauerstoff als Oxidationsgas, wobei die Luft- bzw. Sauerstoffmenge so eingestellt wird, dass sich über alle Stufen der Vergasung im Prozessraum ein Gesamt-Lambda von kleiner 1, bevorzugt kleiner 0,7 und besonders bevorzugt kleiner 0,5 ergibt.

[0014] Die Nachvergasung im vertikalen Prozessraum erfolgt in Gegenwart von Wasserdampf und Calciumoxid und/oder Calciumcarbonat und/oder Calciumhydroxid. Dadurch wird eine Calciumkatalysierte Reformierung von wesentlichen Anteilen der entstehenden Öl- und/oder Teer-haltigen Spaltprodukten, die eine Kettenlänge von größer C4 aufweisen, zu Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Wasserstoff bei Temperaturen von oberhalb 400°C durchgeführt.

[0015] Eine für die Nachvergasung im vertikalen Prozessraum förderliche Temperaturerhöhung wird über Brennerlanzen im oberen Gasraum und/oder weiter unten in der Schüttgutsäule erreicht, wobei die Brennerlanzen mit Sauerstoff oder sauerstoffhaltigem Gas betrieben werden. Die Temperaturerhöhung kann auch dergestalt erfolgen, dass die Temperatur bereits im vertikalen Prozessraum über Brennerlanzen im oberen Gasraum und/oder in der Überleitung zum oberen Gasraum des Prozessraums erfolgt, wobei auch diese Brennerlanzen mit Sauerstoff oder sauerstoffhaltigem Gas betrieben werden.

[0016] Um die Rest-Entstaubung der abgezogenen gasförmigen Reaktionsprodukte sicherzustellen, können diese mittels physikalischer Trennmethoden,

vorzugsweise über eine Filteranlage, bei Temperaturen oberhalb von 300°C von Staub befreit werden.

[0017] In einem weiteren Reinigungsschritt können die abgezogenen gasförmigen Reaktionsprodukte nach der Filtration zumindest teilweise über einen Wärmetauscher abgekühlt, und die dabei entstehenden Kondensate bei Temperaturen unterhalb von 100°C abgetrennt werden.

[0018] Der Abzug der gasförmigen Reaktionsprodukte erfolgt vorzugsweise mittels einer Gasförder- einrichtung, die vorzugsweise dem Wärmetauscher nachgeschaltet ist.

[0019] Der Gegenstromvergaser bzw. der vertikale Prozessraum ist am unteren Ende mit einer Kühlzone ausgestattet, in die von unten Kühlgas eingeleitet wird. Als Kühlgas kann sauerstoffhaltiges Gas, beispielsweise Luft eingesetzt werden, wobei dieses bei der Abkühlung des Schüttgutes im Gegenstrom gleichzeitig vorgewärmt, und zumindest teilweise als Oxidationsgas in der Oxidationszone dient.

[0020] Alternativ zu sauerstoffhaltigem Gas kann auch Synthesegas nach erfolgter Kühlung eingesetzt werden.

[0021] Unabhängig vom Kühlgas kann in der Kühlzone des vertikalen Prozessraums zusätzlich Wasser als Kühl und/oder Vergasungsmittel eingesetzt werden.

[0022] Das Schüttgut aus wenigstens einer der beiden Schüttgutsäulen wird mittels Dosiereinrichtungen aus dem jeweiligen vertikalen Prozessraum batchweise oder kontinuierlich abgezogen. Vorzugsweise können hier Drehteller-Austragssysteme eingesetzt werden, die einen gleichmäßigen und kontinuierlichen Abzug des Schüttgutes aus den Prozessräumen erlauben.

[0023] Dabei ist es vorteilhaft dass das abgezogene Schüttgut aus der ersten und/oder der zweiten Schüttgutsäule über vertikale Staurohre abgeführt werden, in denen mittels Füllstandsregelungen eine Mindest-Stauhöhe aufrechterhalten wird, wobei durch deren Druckverlust eine Gasabdichtung gegenüber der Außenatmosphäre gewährleistet wird.

[0024] Das Schüttgut aus der Schüttgutsäule kann nach Austritt aus dem Staurohr durch physikalische Trennmethoden, vorzugsweise durch Siebung und/oder Sichtung in verschiedene Kornfraktionen abgetrennt, und vorzugsweise die Feinfraktion, enthaltend gebundene Schadstoffe, zumindest teilweise aus dem Prozess ausgeschleust werden.

[0025] Die resultierende Grobfraktion, kann zumindest teilweise wieder als Schüttgut in wenigstens ei-

nem der beiden vertikalen Prozessräume eingesetzt werden. Dadurch kann ein sehr effizienter Kreislaufprozess ausgebildet werden, wobei dadurch der Ergänzungsbedarf an zugeführtem frischem Schüttgut auf ein Minimum reduziert werden kann.

[0026] Das Schüttgut aus der Nachvergasung bzw. aus der zweiten Schüttgutsäule kann im Gegenstrom durch Einleiten von durch Staubabtrennung und Kühlung gereinigtem Synthesegas in den unteren Teil des vertikalen Prozessraums abgekühlt werden.

[0027] Alternativ kann diese Abkühlung der zweiten Schüttgutsäule auch durch indirekte Kühlung vor Austritt aus dem Staurohr mittels Kühlwasser und/oder über eine mit Kühlwasser betriebene indirekt gekühlte Förderstrecke nach Austritt aus dem Staurohr erfolgen.

[0028] Nach erfolgter Kühlung kann das Schüttgut aus der zweiten Schüttgutsäule durch physikalische Trennmethode, vorzugsweise durch Siebung und/oder Sichtung in verschiedene Kornfraktionen aufgetrennt, und vorzugsweise die Feinfraktion, enthaltend gebundene Schadstoffe, aus dem Prozess, zumindest teilweise ausgeschleust werden. Die resultierende Grobfraktion kann zumindest teilweise wieder als Schüttgut in wenigstens einem der beiden vertikalen Prozessräume eingesetzt werden

[0029] Grundsätzlich ist es auch möglich, beide Schüttgutsäulen über einem gemeinsamen Zuführstrom einer Siebung und/oder Sichtung zuzuführen und mit den resultierenden Kornfraktionen analog zu verfahren.

[0030] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens kann das Schüttgut aus der zweiten Schüttgutsäule zumindest teilweise direkt, und unter Nutzung der fühlbaren Wärme, als zusätzliches Schüttgut über eine getrennte Dosierung im ersten vertikalen Prozessraum eingesetzt werden.

[0031] Nachfolgend wird anhand der beigefügten Abbildung näher auf ein Ausführungsbeispiel der Erfindung eingegangen.

[0032] Fig. 1 zeigt eine bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Vergasung von kohlenstoffreichen Substanzen.

[0033] Eine Mischung aus kohlenstoffreichen Substanzen (A) wird in grobstückiger Form und einer Korngröße von kleiner als 30 cm einem ersten vertikalen Prozessraum (1), der als Gegenstromvergaser ausgebildet ist, von oben über eine vertikale Schurre (2) zugeführt. Diesen kohlenstoffreichen Substanzen wird vor Eintritt in den Gegenstromvergaser (1) grobstückiges Schüttgut (3), beispielsweise grobstückiges Calciumoxid, zugemischt. Zur späteren Bin-

dung der in den organischen Materialien enthaltenen Schadstoffen wie beispielsweise Chlor und Schwermetallen, werden alkalische Stoffe (4), vorzugsweise feinkörniges Calciumoxid dem Schüttgutwanderbett vor Eintritt in den vertikalen Prozessraum (1) beige-mischt.

[0034] Das Gemisch (5) aus kohlenstoffreichen Substanzen, grobstückigem Calciumoxid und alkalischen Stoffen durchströmt den vertikalen Prozessraum (1) durch eigene Schwerkraft von oben nach unten. Die Durchflussmenge des Schüttgutes wird dabei mittels einer Dosiervorrichtung (6), die am unteren Ende des ersten vertikalen Prozessraums (1) installiert ist und beispielsweise als Drehteller-Austragssystem ausgebildet werden kann, gesteuert. Diese Dosiervorrichtung fördert das Schüttgut in ein Staurohr (7) am unteren Ausgang des Prozessraums (1), in dem das angestaute Material durch seinen eigenen Druckverlust für eine Gasabdichtung zur Atmosphäre sorgt.

[0035] Der Gegenstromvergaser weist im mittleren Bereich Brennerlanzen (8) auf, die für eine Grundlastfeuerung im vertikalen Prozessraum und für die stationäre Ausbildung einer Oxidationszone (9) sorgen. Diese Brennerlanzen können mit fossilen Brennstoffen (10) und sauerstoffhaltigem Gas (11) betrieben werden. Alternativ zu den fossilen Brennstoffen kann auch Synthesegas aus dem Prozess eingesetzt werden.

[0036] Am unteren Ende des ersten vertikalen Prozessraums (1) wird sauerstoffhaltiges Gas, beispielsweise Luft, als Kühlgas (13) eingeleitet. Dieses Gas dient zunächst zur Abkühlung des Schüttgutes vor Verlassen des vertikalen Prozessraums (1) in einer Kühlzone (14), wobei das sauerstoffhaltige Gas gleichzeitig auf über 800°C aufgewärmt, und in der Oxidationszone (9) als Vergasungsmittel genutzt wird.

[0037] Die über die Brennerlanzen (8) und über die Kühlzone (14) eingeleitete Menge an sauerstoffhaltigem Gas wird so eingestellt, dass sich im vertikalen Prozessraum ein Gesamt-Lambda von vorzugsweise kleiner 0,5 einstellt. Dadurch bildet sich zunächst eine Oxidationszone (9) aus, in der brennbare Reste der kohlenstoffreichen Substanzen, der sogenannte Pyrolysekoks mit Sauerstoff zu CO₂ reagieren. Weiter oben im Prozessraum nimmt der Sauerstoff weiter ab, sodass schließlich nur noch Verschwelung zu CO stattfinden kann, bis noch weiter oben schließlich der gesamte Sauerstoff verbraucht ist und sich eine Reduktionszone (15) bei vollständig reduktiven Bedingungen ausbildet.

[0038] Betrachtet man umgekehrt den Fluss des Schüttgutgemisches bestehend aus kohlenstoffreichen Substanzen, Calciumoxid und alkalischen Stoffen von oben nach unten, so findet in der Reduktions-

zone (15) zunächst eine Trocknung der möglicherweise feuchten Einsatzmaterialien bis zu einer Eigentemperatur von 100°C statt. Danach steigt die Eigentemperatur der Materialien weiter an, sodass der Vergasungsprozess der in den kohlenstoffreichen Substanzen beispielsweise auch enthaltenen Kunststoffen beginnt und bei einer Eigentemperatur von bis zu 500°C die Bildung von Methan, Wasserstoff und CO einsetzt. Nach weitgehender Entgasung steigt die Eigentemperatur der Materialien durch die aus der Oxidationszone (9) aufsteigenden Heißgase weiter an, sodass die kohlenstoffreichen Materialien schließlich vollständig entgast sind und nur noch aus Restkoks, dem sogenannten Pyrolysekoks, und Ascheanteilen bestehen. Der Pyrolysekoks wird mit dem Schüttgut im vertikalen Prozessraum (1) weiter nach unten transportiert, wo er bei Temperaturen oberhalb von 800°C im unteren Bereich der Reduktionszone (15) mit den CO₂-Anteilen aus der Oxidationszone (9) durch Boudouard-Umwandlung zumindest teilweise in CO umgewandelt wird. Ein Teil des Pyrolysekokes reagiert in dieser Zone auch gemäß der Wasser gasreaktion mit Wasserdampf, der ebenfalls in den Heißgasen enthalten ist, unter Bildung von CO und Wasserstoff.

[0039] Reste des Pyrolysekokes werden schließlich in der Oxidationszone (9) mit dem sauerstoffhaltigen Gas bei Temperaturen unterhalb von 1800°C oxidiert und thermisch genutzt.

[0040] Das Schüttgutwanderbett gelangt zusammen mit den verbleibenden Ascheanteilen in die Kühlzone (14).

[0041] In die Kühlzone (14) kann auch Wasser (16) über Wasserlanzen (17) als weiteres Kühl- und Vergasungsmittel eindosiert werden.

[0042] Das im vertikalen Prozessraum gebildete Synthesegas wird am oberen Ende abgesaugt (18), sodass sich im oberen Gasraum (19) des vertikalen Prozessraums (1) vorzugsweise ein leichter Unterdruck einstellt.

[0043] Das abgesaugte Synthesegas enthält Staub, der im Wesentlichen aus den festen Salzen der Halogene, feinkörnigen alkalischen Stoffen, weiteren Schadstoffen und inerten Partikeln besteht. Weiterhin enthält das Synthesegas noch unvollständig vergaste Öl- und Teer-ähnliche organische Crackprodukte. Um diese auch noch vollständig zu vergasen, kann das Staub, Öl- und Teer-haltige Synthesegas im Gasraum (19) des vertikalen Prozessraums (1) oder nach Verlassen des vertikalen Prozessraums bei (18) in Gegenwart von Wasserdampf und feinkörnigem Calciumoxid bei Temperaturen von oberhalb 400°C in der Gasphase behandelt werden. Diese Temperatur kann durch entsprechende Einstellung der Menge an sauerstoffhaltigem Gas in den Prozessraum (1) oder

durch die Heizleistung der Brennerlanzen (8) in der Oxidationszone (9) eingestellt werden.

[0044] Vorgesehen ist jedenfalls die Behandlung des Synthesegases in Gegenwart von Wasserdampf und feinkörnigem Calciumoxid bei Temperaturen von oberhalb 400°C in einem nachgeschalteten zweiten vertikalen Prozessraum (20), in dem das Synthesegas im Gleichstrom durch eine von oben nach unten wandernde Schüttgutsäule (21) geführt wird. Die Schüttgutsäule (21) kann auch durch grobstückiges Schüttgut (22), beispielsweise grobstückiges Calciumoxid ausgebildet werden. Zusätzlich können zur verbesserten Bindung der in den organischen Materialien enthaltenen Schadstoffe, wie beispielsweise Chlor und Schwermetallen, alkalische Stoffe (23), vorzugsweise feinkörniges Calciumoxid oder Calciumhydroxid der Schüttgutsäule (21) beigemischt werden.

[0045] Die Schüttgutsäule (21) durchströmt den vertikalen Prozessraum (20) durch eigene Schwerkraft von oben nach unten. Die Durchflussmenge des Schüttgutes wird dabei mittels einer Dosiervorrichtung (24), die am unteren Ende des vertikalen Prozessraums (20) installiert ist und beispielsweise als Drehteller-Austragssystem ausgebildet werden kann, gesteuert. Diese Dosiervorrichtung fördert das Schüttgut in ein Staurohr (25) am unteren Ausgang des Prozessraums (20), in dem das angestaute Material durch seinen eigenen Druckverlust für eine Gasabdichtung zur Atmosphäre sorgt.

[0046] Die Behandlung des Synthesegases kann bevorzugt durch Verwendung einer Direktfeuerung in das Synthesegas über Brennerlanzen (26) erfolgen, die mit sauerstoffhaltigem Gas (27) betrieben werden. Solche Brennerlanzen können beispielsweise im Gasraum (19) des Prozessraums (1) oder auch in der Zuführungsleitung (18) zum Prozessraum (20) installiert sein. Besonders vorteilhaft ist die Nutzung solcher Brennerlanzen, wenn diese im Gasraum (28) oder auch weiter unten im Bereich der Schüttgutsäule (21) des Prozessraums (20) installiert sind.

[0047] Diese thermische Nachbehandlung in Gegenwart von Wasserdampf und Calciumoxid gewährleistet die Spaltung von im Synthesegas noch in geringen Mengen vorhandenen Ölen und Teeren durch katalytische Wirkung des Calciumoxids.

[0048] Das staubhaltige Synthesegas (29) wird anschließend bei Temperaturen oberhalb von 300°C über eine Heißgasfiltration (30) vom Staub befreit. Der halogenhaltige Filterstaub (31) wird aus dem Prozess ausgeschleust.

[0049] Das resultierende Synthesegas (32) ist praktisch halogen-frei und wird mittels eines Gaskühlers (33) abgekühlt und von Kondensaten befreit. Das

anfallende Kondensat (34) kann zumindest teilweise wieder als Kühl- und Vergasungsmittel über die Wasserlanzen (17) im vertikalen Reaktionsraum eingesetzt werden.

[0050] Das im Gaskühler (33) abgekühlte Synthesegas wird mittels Gasverdichter (35) aus dem zweiten Prozessraum (20) bei (29) abgezogen über Gasfilter (30) und Gaskühler (33) gesaugt und anschließend zur weiteren thermischen bzw. stofflichen Verwertung (12) gefördert.

[0051] Das am unteren Ende des ersten vertikalen Reaktionsraums (1) über das Staurohr (7) austretende Schüttgutgemisch enthält im Wesentlichen grobkörniges Schüttgut, Reste an Aschen und feinkörniges Calciumoxid. Zur Entfernung gebundener Schadstoffe und der Aschen ist es besonders bevorzugt, eine Siebung (36) des Schüttgutgemisches durchzuführen, wobei die Grobfraction (37) vorzugsweise wieder als Schüttgut bei (38) im ersten vertikalen Prozessraum (1) und/oder als Schüttgut im zweiten vertikalen Prozessraum (20) bei (39) eingesetzt wird.

[0052] Die feine Siebfraction (40) enthält Reste an Aschen, gebundene Schadstoffe und feinkörniges Calciumoxid. Gezeigt ist hier auch eine Ausführungsform des Verfahrens, die vorsieht, die feine Siebfraction zumindest teilweise wieder als feinkörnige alkalische Stoffe dem Schüttgut bei (4) und/oder bei (23) beizumischen und dadurch eine teilweise Kreislaufweise der feinen Siebfraction zu betreiben. Die restliche Feinfraktion wird aus dem Prozess ausgeschleust.

[0053] Eine Ausführungsform des Verfahrens besteht darin, dass technischer Sauerstoff als sauerstoffhaltiges Gas bei (11) eingesetzt wird. Dadurch kann ein besonders heizwertreiches Synthesegas erzeugt werden.

[0054] Die Brennerlanzen (8) werden so betrieben, dass die Menge an sauerstoffhaltigem Gas (11) überstöchiometrisch bezogen auf den Brennstoff (10) eingesetzt wird. Gleichzeitig wird in diesem Fall kaltes Synthesegas (41) als Kühlgas in der Kühlzone (14) eingesetzt.

[0055] Aufgrund des resultierenden Sauerstoffüberschusses in der Oxidationszone (9) wird das aus der Kühlzone (14) in die Oxidationszone (9) einströmende Synthesegas zumindest teilweise verbrannt und bildet dabei weiteres Kohlendioxid und Wasserdampf. Dabei wird durch die freiwerdende Reaktionswärme die für den Vergasungsprozess notwendige Energie zur Verfügung gestellt.

[0056] Entsprechend des Gegenstromvergasungsprinzips reagiert das Kohlendioxid und der Wasserdampf aus der Synthesegasverbrennung in der mit

dem aus den organischen Materialien entstehenden Koks in der Reduktionszone (15) unter Bildung von Kohlenmonoxid und Wasserstoff. Die Synthesegasmenge wird so eingestellt, dass einerseits das Schüttgutwanderbett in der Kühlzone (14) vollständig abgekühlt und restliche Glutnester gelöscht werden, und andererseits ein möglichst hoher Anteil der notwendigen Prozessenergie über das Synthesegas gedeckt wird.

[0057] Das am unteren Ende des vertikalen Reaktionsraums (20) über das Staurohr (25) austretende Schüttgutgemisch enthält im Wesentlichen grobkörniges Schüttgut, Reste an Aschen und feinkörniges Calciumoxid.

[0058] Dieses Schüttgut kann ohne Abkühlung unter Nutzung seiner fühlbaren Wärme direkt bei (42) als zusätzliches Schüttgut im vertikalen Prozessraum (1) eingesetzt werden.

[0059] Alternativ kann das Schüttgut auch mittels indirekter Kühlung mit Kühlwasser oder Luft abgekühlt werden. Besonders bevorzugt ist jedoch die Kühlung mittels kalten Synthesegases (43) im Gegenstrom.

[0060] Zur Entfernung gebundener Schadstoffe und der Aschen ist es bevorzugt eine Siebung (44) des Schüttgutgemisches aus dem Staurohr (25) durchzuführen, wobei die Grobfraction (45) vorzugsweise wieder als Schüttgut bei (38) im ersten vertikalen Prozessraum (1) und/oder als Schüttgut im zweiten vertikalen Prozessraum (20) bei (39) eingesetzt wird.

[0061] Die feine Siebfraction (46) enthält Reste an Aschen, gebundene Schadstoffe und feinkörniges Calciumoxid. Hier ist es möglich, die feine Siebfraction zumindest teilweise wieder als feinkörnige alkalische Stoffe dem Schüttgut bei (7) und/oder bei (23) beizumischen und dadurch eine teilweise Kreislaufweise der feinen Siebfraction zu betreiben. Die restliche Feinfraktion wird aus dem Prozess ausgeschleust.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- AT 387786 B [0003]
- DE 102007062414 [0004]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Synthesegas durch Vergasung von kohlenstoffreichen Substanzen unter Nutzung von Schüttgut als Reaktionsoberfläche, wobei die Vergasung in einer ersten Stufe in einem ersten vertikalen Prozessraum (1) in einer ersten von oben nach unten bewegten Schüttgutsäule (5), dem die kohlenstoffreichen Substanzen (A) vor Eintritt in den ersten vertikalen Prozessraum (1) beigegeben werden, mit sauerstoffhaltigem Gas durch Partialoxidation im Gegenstrom erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dabei entstehenden gasförmigen Produkte im oberen Bereich in einen zweiten vertikalen Prozessraum (20) geleitet, und in einer zweiten Stufe im Gleichstrom mit sauerstoffhaltigem Gas in einer von oben nach unten bewegten Schüttgutsäule (21) unter Erhöhung der Temperatur nachvergast, und in einem weiter unten liegenden Bereich (29) des vertikalen Prozessraums (20), abgezogen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Schüttgutsäule (5) und/oder die zweite Schüttgutsäule (21) aus Schüttgut gebildet werden, das eine Korngröße von bis zu 30 cm aufweist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Schüttgut in der ersten Schüttgutsäule (5) und/oder der zweiten Schüttgutsäule (21) ganz oder teilweise alkalische Stoffe eingesetzt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schüttgut aus Calciumoxid besteht oder diesem staubförmiges und/oder grobstückiges Calciumoxid, und/oder Calciumhydroxid zuge-mischt werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der vertikale Prozessraum (1) eine Stützfeuerung im Bereich der Oxidationszone (9) aufweist, die über Brennerlanzen (8) mit Brennstoff (10) und mit Oxidationsgas (11) betrieben wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vergasung im ersten vertikalen Prozessraum (1) durch Zugabe von Luft und/oder technischem Sauerstoff als Oxidationsgas erfolgt, wobei die Luft- und/oder die Sauerstoffmenge so eingestellt wird, dass sich über alle Stufen der Vergasung im Prozessraum (1) ein Gesamt-Lambda von kleiner 1, bevorzugt kleiner 0,7 und besonders bevorzugt kleiner 0,5 einstellt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im vertikalen Prozessraum (20) in Gegenwart von Wasser-

dampf und Calciumoxid und/oder Calciumcarbonat und/oder Calciumhydroxid eine Calcium-katalysierte Reformierung von wesentlichen Anteilen der entstehenden Öl- und/oder Teer-haltigen Spaltprodukten, die eine Kettenlänge von größer C4 aufweisen, zu Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Wasserstoff bei Temperaturen von oberhalb 400°C durchgeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Temperatur im vertikalen Prozessraum (20) über Brennerlanzen (26) im oberen Gasraum (28) und/oder weiter unten in der Schüttgutsäule (21) erhöht wird, wobei die Brennerlanzen mit Sauerstoff oder sauerstoffhaltigem Gas (27) betrieben werden.

9. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur bereits im vertikalen Prozessraum (1) über Brennerlanzen im oberen Gasraum (19) und/oder in der Überleitung (18) zum oberen Gasraum (28) des Prozessraums (20) erhöht wird, wobei die Brennerlanzen mit Sauerstoff oder sauerstoffhaltigem Gas (27) betrieben werden.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die abgezogenen gasförmigen Reaktionsprodukte (29) mittels physikalischer Trennmethode, vorzugsweise über eine Filteranlage (30), bei Temperaturen oberhalb von 300°C von Staub (31) befreit werden.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die abgezogenen gasförmigen Reaktionsprodukte (32) nach der Filtration zumindest teilweise über einen Wärmetauscher (33) abgekühlt, und die dabei entstehenden Kondensate (34) bei Temperaturen unterhalb von 100°C zumindest teilweise abgetrennt werden.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abzug der gasförmigen Reaktionsprodukte mittels einer Gasfördereinrichtung (35) erfolgt, die vorzugsweise dem Wärmetauscher (33) nachgeschaltet ist.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der vertikale Prozessraum (1) am unteren Ende eine Kühlzone (14) aufweist, in die von unten Kühlgas (13) eingeleitet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Kühlgas (13) sauerstoffhaltiges Gas eingesetzt wird, das gleichzeitig vorgewärmt, und zumindest teilweise als Oxidationsgas in der Oxidationszone genutzt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Kühlgas Synthesegas (41)

eingesetzt wird, das zuvor im Wärmetauscher (33) gekühlt wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Kühlzone (14) des vertikalen Prozessraums (1), zusätzlich Wasser (16) als Kühl- und/oder Vergasungsmittel eingesetzt wird.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schüttgut aus wenigstens einem der beiden Schüttgutsäulen mittels Dosiereinrichtungen (6, 24) aus den vertikalen Prozessräumen (1, 20) batchweise oder kontinuierlich abgezogen werden.

18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass das abgezogene Schüttgut aus der ersten Schüttgutsäule (5) und/oder das zweite Schüttgut (21) über vertikale Staurohre (7, 25) geführt wird, in denen mittels Füllstandsregelungen eine Mindest-Stauhöhe aufrechterhalten wird, wobei durch deren Druckverlust eine Gasabdichtung gegenüber der Außenatmosphäre gewährleistet wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schüttgut aus der Schüttgutsäule (5) nach Austritt aus dem Staurohr (7) durch physikalische Trennmethode, vorzugsweise durch Siebung und/oder Sichtung (36) in verschiedene Kornfraktionen aufgetrennt, und vorzugsweise die Feinfraktion (40), enthaltend gebundene Schadstoffe, zumindest teilweise aus dem Prozess ausgeschleust wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die aus der Anwendung der physikalischen Trennmethode, resultierende Grobfraktion (37), zumindest teilweise wieder als Schüttgut in wenigstens einem der beiden vertikalen Prozessräume (1, 20) eingesetzt wird.

21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schüttgut aus der zweiten Schüttgutsäule (21) unterhalb der Abzugsstelle (29) im Gegenstrom durch Einleiten von kühlem, durch Staubabtrennung gereinigtem Synthesegas (43) in den unteren Teil des vertikalen Prozessraums (20) abgekühlt wird.

22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schüttgut aus der zweiten Schüttgutsäule (21) vor Austritt aus dem Staurohr (25) durch indirekte Kühlung mittels Kühlwasser und/oder über eine mit Kühlwasser indirekte gekühlte Förderstrecke nach Austritt aus dem Staurohr (25) abgekühlt wird.

23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das

Schüttgut aus der zweiten Schüttgutsäule (21), nach erfolgter Kühlung, durch physikalische Trennmethode, vorzugsweise durch Siebung und/oder Sichtung (44) in verschiedene Kornfraktionen aufgetrennt, und vorzugsweise die Feinfraktion (46), enthaltend gebundene Schadstoffe aus dem Prozess, zumindest teilweise ausgeschleust wird.

24. Verfahren nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass die aus der Anwendung der physikalischen Trennmethode, resultierende Grobfraktion (45), zumindest teilweise wieder als Schüttgut in wenigstens einem der beiden vertikalen Prozessräume (1, 20) eingesetzt wird.

25. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schüttgut aus der zweiten Schüttgutsäule (21) zumindest teilweise, direkt unter Nutzung der fühlbaren Wärme, als zusätzliches Schüttgut über eine getrennte Dosierung bei (42) im ersten vertikalen Prozessraum (1) eingesetzt wird

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

