

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
2. Juli 2009 (02.07.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/080334 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
C10K 1/02 (2006.01)

Dortmund (DE). **ABRAHAM, Ralf** [DE/DE]; Less-
ingstrasse 66, 59192 Bergkamen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/010995

(74) **Gemeinsamer Vertreter: UHDE GMBH**; IP, Friedrich-
Uhde-Strasse 15, 44141 Dortmund (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Dezember 2008 (22.12.2008)

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ,
LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK,
MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 063 118.0
22. Dezember 2007 (22.12.2007) DE
10 2008 013 179.2 7. März 2008 (07.03.2008) DE

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **UHDE GMBH** [DE/DE]; Friedrich-Uhde-Strasse 15,
44141 Dortmund (DE).

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

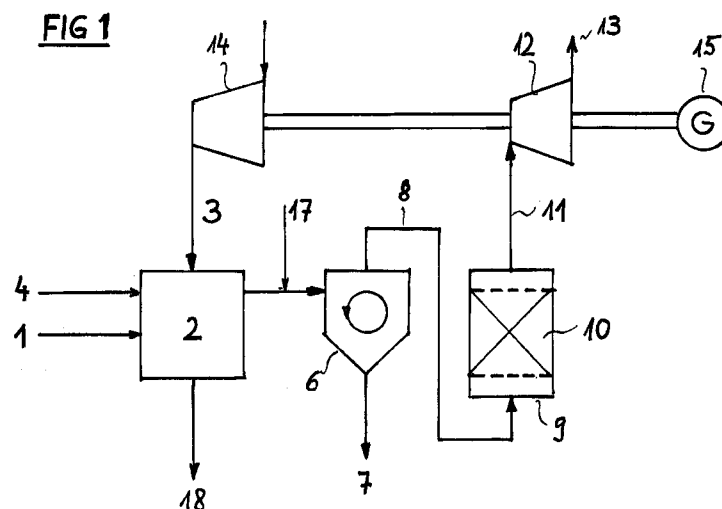
(72) Erfinder; und

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **PAVONE, Domenico**
[IT/DE]; Vosskuhlstrasse 1, 44369 Bochum (DE).
RIEGER, Michael [DE/DE]; Varziner Strasse 46, 44369

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: REMOVAL OF LIQUID ASH AND ALKALIS FROM A SYNTHESIS GAS

(54) Bezeichnung: ENTFERNUNG VON FLÜSSIGASCHE UND ALKALIEN AUS EINEM SYNTHESSEGAS



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for the production of synthesis gas by means of gasification using air or oxygen or oxygen-enriched air and water vapor, wherein a solid or liquid fuel containing carbon is added to a reactor, in which the fuel is converted to a synthesis gas using air or oxygen or oxygen-enriched air and water vapor at an increased temperature, said gas substantially consisting of hydrogen, carbon dioxide, and carbon monoxide, and mineral slag droplets being created during the reaction, which are taken out of the reactor separately from the synthesis gas obtained, and the synthesis gas obtained is taken out of the reactor in any arbitrary direction. The vaporous alkalis present in the synthesis gas are removed from the synthesis gas by means of bringing the same into contact with getter ceramics, and the synthesis gas is fed into a slug separation device without prior cooling, in which the slug droplets are withdrawn as liquid slug.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/080334 A2



EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Synthesegas durch Vergasung mit Luft oder Sauerstoff oder sauerstoffangereicherter Luft sowie Wasserdampf, wobei ein fester oder flüssiger kohlenstoffhaltiger Brennstoff in einen Reaktor gegeben wird, in dem der Brennstoff mit Luft oder Sauerstoff oder sauerstoffangereicherter Luft sowie mit Wasserdampf bei erhöhter Temperatur zu einem Synthesegas umgesetzt wird, das zu einem wesentlichen Teil aus Wasserstoff, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid besteht, und bei der Reaktion mineralische Schlacketröpfchen anfallen, die getrennt von dem erhaltenen Synthesegas aus dem Reaktor ausgeführt werden, und das erhaltene Synthesegas in beliebiger Richtung aus dem Reaktor ausgeführt wird, die im Synthesegas enthaltenen dampfförmigen Alkalien durch In-Kontakt-bringen mit Getterkeramik aus dem Synthesegas entfernt werden, und das Synthesegas ohne vorherige Kühlung in eine Schlackeabscheidevorrichtung geleitet wird, in der Schlacketröpfchen als flüssige Schlacke abgezogen werden.

Entfernung von Flüssigasche und Alkalien aus einem Synthesegas

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Synthesegas aus einem kohlenstoffhaltigen Brennstoff, wie etwa alle Arten von Kohlen, Koks, Petrolkoks, Biomasse, aber auch Emulsionen, Orimulsion etc. Durch das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich Synthesegas direkt nach der Herstellung ohne weiteres Herunterkühlen leicht reinigen. Dadurch kann die Wärmeenergie des Gases besser genutzt werden. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung, mit der sich dieses Verfahren umsetzen lässt sowie Verwendungen bezüglich der eingesetzten Getterkeramiken.

[0002] Bei der Herstellung von Synthesegas aus einem kohlenstoffhaltigen Brennstoff wird der Brennstoff mit einem wasserdampf- oder wasserdampf- und sauerstoffhaltigen Gas in einem hierzu geeigneten Reaktor umgesetzt. Bei diesem Prozess fallen neben dem Synthesegas auch mineralische Flüssigaschen und Schlacken an, die in der Regel aus Aerosolen oder Tröpfchen bestehen. Einige dieser Flüssigaschen verdampfen teilweise und bilden Alkaliendämpfe. Für die weitere Verwendung sind diese Komponenten meist sehr störend, da sie die Anlagenteile der weiteren Prozesseinrichtungen beschädigen oder beeinträchtigen können.

[0003] Vielfach wird das Synthesegas zur Gewinnung von wichtigen Chemikalien wie Ammoniak oder Methanol eingesetzt. Die in dem Synthesegas enthaltenen schädlichen bzw. beeinträchtigenden Bestandteile müssen zur Durchführung der notwendigen Verfahrensschritte aus dem Synthesegas entfernt werden. Hierzu wird das Synthesegas häufig zur Abgabe der hohen inneren Energie mit einem kühleren Fremdmedium vermischt. Dieser Prozess wird auch Quenchprozess genannt. Als Fremdmedium kommt in der Regel Wasser zum Einsatz. Verwendet werden können aber auch andere Stoffe, wie beispielsweise Stickstoff oder Kohlendioxid. Bei diesem Verfahrensschritt wird das Synthesegas deutlich heruntergekühlt. Dem Quenchprozess folgen häufig weitere Verfahrensschritte, die eine noch weitere Abkühlung des Synthesegases erfordern. Dies sind beispielsweise Waschprozesse zur Entfernung von Sauergasen.

[0004] Bei diesen Verfahrensschritten geht ein großer Teil der Arbeitsfähigkeit aus Wärmeenergie, die in dem Synthesegas enthalten ist, nutzlos verloren. Für die weitere Verwendung werden jedoch oft hohe Temperaturen benötigt. Das benötigte Synthesegas muss dann wieder aufgeheizt werden, wozu viel Energie benötigt wird. Günstiger wäre es, wenn das erhaltene Synthesegas ohne einen weiteren Prozessschritt der Kühlung weiterverwendet würde. Da das Gas direkt nach der Herstellung auch unter ho-

hem Druck steht, ist auch die Verwendung einer Turbine zur Gewinnung von kinetischer Rotationsenergie möglich. Die kinetische Rotationsenergie der Turbine wiederum kann zur Erzeugung von Strom oder zum Antrieb von Anlagenaggregaten verwendet werden. Dies gestaltet den Prozess zur Herstellung von Synthesegas wirtschaftlich
5 günstig. Ein solcher Prozess kann zur kombinierten Herstellung von Synthesegas und elektrischem Strom verwendet werden.

[0005] Vorraussetzung hierfür ist allerdings, dass das erhaltene Synthesegas ohne einen weiteren Schritt der Kühlung zum Antrieb der Turbine verwendet werden kann. Hierfür wäre es vorteilhaft, wenn die schädlichen flüssigen und gasförmigen Bestandteile des Synthesegases ohne Abkühlung und ohne Änderung des Aggregatzustandes entfernt werden könnten. Denn Flüssigkeitströpfchen und korrosive Dämpfe
10 würden durch Erosion und Korrosion zu Beschädigungen der Turbinenschaufeln führen.

[0006] Die US 4,482,358 A beschreibt einen Prozess zur Herstellung von Synthesegas, der das Synthesegas durch ein zyklonartiges Druckgefäß führt, in dem ein Feststoffbett verschieden großer Korngrößenverteilungen zirkuliert. Beim Durchströmen des Feststoffbettes verfestigen sich die mitgeführten Feststoff- und Schlacketeile und werden aus dem System ausgeschleust. Durch Verwendung eines Schlackebrechers können die Feststoffe zerkleinert und wiederverwendet werden. Sowohl das
15 Gas als auch die zerkleinerte Schlacke können durch Wärmetauscher geleitet werden, die zum Antrieb einer Turbine zur Stromerzeugung genutzt werden können. Vor der Durchleitung durch das Druckgefäß wird das Synthesegas einem Kühlungsprozess mit Wasser unterzogen. Nachteilig ist an diesem System, dass zur Kühlung des Synthesegases Wasser verwendet werden muss. Nachteilig ist außerdem, dass zum Antrieb der
20 Turbine Dampf erzeugt werden muss. Eine Entfernung der Metallverbindungen aus dem Synthesegas wird nicht beschrieben.

[0007] Die EP 412 591 B1 beschreibt einen Prozess zur Abscheidung von Alkali- und Schwermetallverbindungen aus heißen Gasen. Die heißen Gase fallen als Verbrennungsgase bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen an und werden zum
30 Antrieb einer Gasturbine mit dem Zweck der Stromerzeugung genutzt. Um eine Korrosion der Gasturbine durch die in den Verbrennungsgasen enthaltenen Metallsalze zu verhindern, werden die Verbrennungsgase vor dem Eintritt in die Gasturbine mit einem Sorptionsmittel behandelt. Dieses wird in dem Strom der heißen Gase suspendiert. Der Zustand der Suspension wird als Zustand einer Flugstaubwolke oder einer expandierten Wirbelschicht des Sorptionsmittels beschrieben. Das Sorptionsmittel kann aus Sili-
35

ciumdioxid, Aluminiumoxid, Magnesiumaluminaten, Magnesiumalumosilikaten oder Calciumalumosilikaten bestehen. Die Kombination der Alkaliabscheidung mit der Herstellung von Synthesegas wird nicht beschrieben. Auch eine Entfernung von Flugasche oder der verflüssigten Schlacke aus dem heißen Gas wird nicht beschrieben.

- 5 **[0008]** Aufgabe der Erfindung ist es daher, Verfahren und Vorrichtungen zur Verfügung zu stellen, die das Synthesegas aus einem Vergasungsprozess von den mitgeführten flüssigen Schlacken und Alkalien befreien, ohne ein Herunterkühlen oder Entspannen des Gases in Kauf nehmen zu müssen. Bei Einsatz einer Turbine zur Erzeugung von Rotationsenergie soll diese keine Verkrustungen ansetzen und nicht
10 durch die Einwirkung des heißen Synthesegases Korrosion oder Materialerosion erleiden.

[0009] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung von Synthesegas durch Vergasung mit Luft oder Sauerstoff oder sauerstoffangereicherter Luft sowie Wasserdampf, wobei

- 15 • ein fester oder flüssiger kohlenstoffhaltiger Brennstoff in einen Reaktor gegeben wird, in dem der Brennstoff mit Luft oder Sauerstoff oder sauerstoffangereicherter Luft sowie mit Wasserdampf bei erhöhter Temperatur zu einem Synthesegas umgesetzt wird, das zu einem wesentlichen Teil aus Wasserstoff, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid besteht, und
- 20 • bei der Reaktion mineralische Schlacketröpfchen anfallen, die getrennt von dem erhaltenen Synthesegas aus dem Reaktor ausgeführt werden, und
- das erhaltene Synthesegas in beliebiger Richtung aus dem Reaktor ausgeführt wird,
- 25 • die im Synthesegas enthaltenen dampfförmigen Alkalien durch In-Kontakt-bringen mit Getterkeramik aus dem Synthesegas entfernt werden, und
- das Synthesegas ohne vorherige Kühlung in eine Schlackeabscheidevorrichtung geleitet wird, in der Schlacketröpfchen als flüssige Schlacke abgezogen werden.

- [0010]** Bevorzugt werden diese Brennstoffe vor der Verwendung einer geeigneten Vorrichtung zum Zerkleinern zugeführt. Dies kann beispielsweise eine Kugelmühle oder eine Vertikalmühle sein. Dies kann aber auch ein Häcksler oder eine Fräseinrichtung sein. Dadurch wird der für den Vergasungsprozess notwendige Teilchendurch-
- 30

messer eingestellt. Als Verbrennungsgas wird insbesondere wasserdampfhaltige Luft verwendet, die mit dem Kohlenstoff des Brennstoffes überwiegend zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff reagiert. Das Verbrennungsgas kann aber auch Sauerstoff-angereichert sein. Das Verbrennungsgas wird insbesondere unter erhöhtem Druck zugeführt.

5 Der Brennstoff wird bevorzugt pneumatisch in den Vergasungsreaktor geführt. Es ist jedoch auch möglich, den Brennstoff durch eine Schnecke oder ein Transportband in den Vergasungsreaktor zu fördern. Wird der Brennstoff in Form einer Aufschlämmung oder einer Emulsion in den Reaktor gegeben, so kann dieser auch in den Reaktor gepumpt werden.

10 **[0011]** Das Synthesegas wird an anderer Stelle aus dem Reaktor ausgeführt. Dies geschieht bevorzugt seitlich. Auch die Ausführung des Synthesegases kann jedoch an dem Reaktor an beliebiger Stelle erfolgen. Direkt im Anschluss daran muss die Abscheidung der flüssigen Bestandteile erfolgen. In Ausgestaltungen der Erfindung wird daher vorgesehen, dass die Schlackeabscheidevorrichtung eine zyklonartige Vorrich-

15 tung ist, in der das heiße Gas eine kreisförmige Bewegung ausführt, so dass ein Großteil der in dem Gas enthaltenen Schlacke durch die Fliehkräfte an den Wänden abgetrennt wird. Alternativ oder zusätzlich wird vorgesehen, dass die Schlackeabscheidevorrichtung eine Schüttschicht enthält, in der sich die Schlacke aus dem Gas abscheidet. Die Schüttung kann in einem Zyklon integriert sein, eine entsprechende

20 Vorrichtung wird in der DE 43 36 100 C1 beschrieben.

[0012] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung betreffen die Abscheidung der dampfförmigen Alkalien. Hierzu kann vorgesehen werden, dass die Getterkeramik als Pulver dem Brennstoff zugemischt wird, die Getterkeramik im Vergasungsraum mit dem entstandenen Synthesegas in Kontakt kommt, und die Entfernung der Alkalien

25 aus dem Synthesegas im Vergasungsraum erfolgt. Alternativ oder additiv hierzu kann auch vorgesehen werden, dass die Getterkeramik als Schüttung in einer der Schlackeabscheidevorrichtung nachgeschalteten Vorrichtung mit dem Synthesegas in Kontakt kommt und die Entfernung der Alkalien aus dem Synthesegas in dieser nachgeschalteten Vorrichtung erfolgt. Ferner kann die Zumischung der Gettermaterialien auch

30 nach der Vergasung erfolgen. Eine Aufgabe der Gettermaterialien kann durch Einsprühung oder dergleichen erfolgen.

[0013] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung betreffen die Verfahrensparameter der Vergasung. Als Brennstoff können alle Materialien eingesetzt werden, die feste kohlenstoffhaltige Materialien enthalten, die zur Vergasung und Umsetzung mit einem

35 wasserdampf- und sauerstoffhaltigen Gas geeignet sind. Dies ist insbesondere fein-

gemahlene Kohle mit typischem Teilchendurchmesser. Geeignet sind hier alle Kohlearten. So können beispielsweise zerkleinerte Steinkohle oder Braunkohle eingesetzt werden. Es können aber auch zerkleinerte Kunststoffe, Petrolkoks, biologische Brennstoffe wie zerkleinertes Holz oder Bitumen oder sonstige Biomassen eingesetzt werden. Der Brennstoff kann auch in flüssiger Form zugegeben werden. Dies können beispielsweise Aufschlämmungen oder Emulsionen von feinteiligen Substanzen sein, auch Orimulsion. Auch viskose Brennstoffe sind prinzipiell geeignet. Geeignet sind letztlich alle Stoffe, die bei erhöhter Temperatur zu einem Synthesegas umgesetzt werden können, das im Wesentlichen aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff besteht.

Die Vergasungstemperatur soll zwischen von 800 und 1800 °C betragen, der Druck von 0,1 bis 10 MPa gewählt werden.

[0014] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung betreffen die weiteren Behandlungsmöglichkeiten des erhaltenen Synthesegases. So kann vorgesehen werden, dass das durch die Vergasung erhaltene Synthesegas nach Schlacke- und Alkaliabscheidung einer Gaswäsche zur Entfernung saurer Gase unterzogen wird, etwa zur Entfernung schwefelhaltiger Bestandteile mittels chemisorbierender Mittel.

[0015] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung betreffen die weiteren Einsatzmöglichkeiten des erhaltenen Synthesegases. So kann vorgesehen werden, dass das durch die Vergasung erhaltene Synthesegas nach Schlacke- und Alkaliabscheidung durch eine Heißgasturbine geleitet wird. An die Heißgasturbine kann ein Generator zur Stromerzeugung angeschlossen sein, mit dem Strom erzeugt wird, oder ein Kompressor zur Verdichtung der Verbrennungsluft für die Vergasung. Dadurch dass das Heißgas Arbeit leistet, kühlt es sich ab. Nach weiterer Energieabgabe, etwa zur Dampferzeugung, kann das erhaltene Synthesegas zur Synthese von chemischen Erzeugnissen, zur Herstellung von Metallen durch Direktreduktion, oder zur Energieerzeugung in einer Gasturbine verwendet werden.

[0016] Die Erfindung beinhaltet auch eine Vorrichtung zur Herstellung von Synthesegas durch Vergasung entsprechend dem oben beschriebenen Verfahren, die einen Reaktor aufweist, der zur Vergasung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen bei hohen Temperaturen geeignet ist, und dieser Reaktor eine Vorrichtung zur Zuführung von Luft oder Sauerstoff oder sauerstoffangereicherter Luft sowie Wasserdampf besitzt, und einen Reaktionsraum zur Umsetzung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen besitzt, wobei direkt im Anschluss an den Reaktor ein mindestens einstufiger Heißgaszyklon angeordnet ist, der eine Abzugseinrichtung für flüssige Schlacke aufweist oder eine Vorrich-

tung mit einer Schüttung angeordnet ist, die eine Abzugseinrichtung für flüssige Schlacke aufweist, oder beides, wobei die Reihenfolge wählbar ist.

[0017] In Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann direkt im Anschluss die Schlackeabscheidevorrichtung eine Vorrichtung mit einer Schüttung von Getterkeramik vorgesehen werden und dahinter eine Heißgasturbine angebracht werden.

[0018] Die Erfindung beinhaltet auch die Verwendungen der Getterkeramik. Hinsichtlich des einzusetzenden Materials hierfür ist vorgesehen, dass die Getterkeramik entweder Siliciumdioxid oder Silikate oder Aluminate oder Aluminiumoxid oder Verbindungen oder Mischungen daraus oder beliebige Verbindungen aus Oxid und Nichtoxidkeramik enthält. Ferner kann sie übergangsmetallhaltige Verbindungen enthalten. In einer bevorzugten Ausgestaltung wird die Getterkeramik aus Aluminosilikaten gebildet wird, wobei Kaolin, Emathlite, Bentonite und Montmorillonite besonders bevorzugt werden.

[0019] Weitere Verwendungen betreffen die Form der Getterkeramik. Sofern die Getterkeramik dem Brennstoff zugemischt wird, ist sie pulverförmig, ansonsten wird sie in Form von hochporösen Feststoffpartikeln in Form einer Schüttschicht in dem Alkaliabscheider eingebracht. Bei den hochporösen Feststoffpartikeln kann es sich um Kugeln, Satteltkörper, Raschigringe, Pallringe oder zylindrische Körper handeln, oder auch um beliebige andere Formen. Die Teilchendurchmesser betragen üblicherweise zwischen 2 mm und 100 mm und bevorzugt 20 bis 40 mm, am besten 30 mm.

[0020] Die erfindungsgemäße Vorrichtung wird anhand einer Zeichnung genauer erläutert, wobei die Ausführungsform nicht auf diese Zeichnung beschränkt ist.

[0021] FIG. 1 zeigt vereinfacht den Prozessfluss eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Vergasung und Bereitstellung von Synthesegas, das die innere Energie des Synthesegases zur Erzeugung von Elektrizität nutzt. Der Brennstoff **1** wird in den Vergasungsreaktor **2** gefördert und dort mit verdichteter, sauerstoffangereicherter Luft **3** und Wasserdampf **4** zu einem mit Schlacketröpfchen und Alkali beladenen Synthesegas **5** umgesetzt. Der Vergaser kann mit einem Schlackeaustrag versehen werden. Additive können nach dem Vergaser aufgegeben werden. Das Synthesegas **5** wird in einem Zyklon **6** geleitet, wo es von den Schlacketröpfchen und gegebenenfalls Alkalien befreit wird. Die Schlacke **7** wird flüssig abgezogen. Das so entschlackte Syn-

thesegas **8** gelangt in einen Behälter **9** mit einer Getterkeramikschüttung **10**. Dort wird es von den mitgeführten Alkalidämpfen befreit. Das so gereinigte Heißgas **11** gelangt in die Heißgasturbine **12** und wird dort entspannt. Das entspannte und dadurch abgekühlte Synthesegas **13** wird zur weiteren Verwendung abgeleitet. Die Wellenleistung der Heißgasturbine **12** dient zum Antrieb eines Kompressors **14** und eines Generators **15**. Der Kompressor **14** wird zum Komprimieren sauerstoffangereicherter Luft **16** genutzt. Diese wird in den Vergasungsreaktor **2** geführt

[0022] Das folgende Zahlenbeispiel dient dazu, die Wirkungen der Erfindung darzustellen. Bei der Kohlevergasung werden zwischen 8 und 40 g/m³ (gerechnet im Normzustand) an Flüssigaschepartikeln und bis zu 200 mg/m³ (gerechnet im Normzustand) an Alkalidämpfen in das Rohgas freigesetzt. Beim Eintritt in den Zyklon **6** sind dies im Synthesegas **5** noch zwischen 4 und 20 g/m³ (gerechnet im Normzustand) an Flüssigaschepartikeln und bis zu 90 mg/m³ (gerechnet im Normzustand) an Alkalidämpfen. Beim Eintritt in die Heißgasturbine **12** befinden sich weniger als 5 mg/m³ (gerechnet im Normzustand) an Flüssigaschepartikeln und weniger als 0,013 mg/m³ (gerechnet im Normzustand) an Alkalidämpfen im Heißgas **11**.

[0023] Bezugszeichenliste

- 1 Brennstoff
- 2 Vergasungsreaktor
- 3 verdichtete, sauerstoffangereicherte Luft
- 4 Wasserdampf
- 5 Synthesegas
- 6 Zyklon
- 7 Schlackeabzug
- 8 entschlacktes Synthesegas
- 9 Behälter
- 10 Getterkeramikschüttung
- 11 Heißgas
- 12 Heißgasturbine
- 13 abgekühltes Synthesegas
- 14 Kompressor
- 15 Generator
- 16 sauerstoffangereicherte Luft
- 17 Additiveintrag

18 Schlackeaustrag

[0024] Alternativ kann unter dem Bezugszeichen **1** auch ein Brennstoff mit Additiv zur Alkalientfernung und unter Bezugszeichen **6** eine Schüttung oder ein Zyklon mit Schüttung verstanden werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Synthesegas durch Vergasung mit Luft oder Sauerstoff oder sauerstoffangereicherter Luft sowie Wasserdampf, wobei

- 5 • ein fester oder flüssiger kohlenstoffhaltiger Brennstoff in einen Reaktor gegeben wird, in dem der Brennstoff mit Luft oder Sauerstoff oder sauerstoffangereicherter Luft sowie mit Wasserdampf bei erhöhter Temperatur zu einem Synthesegas umgesetzt wird, das zu einem wesentlichen Teil aus Wasserstoff, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid besteht, und
- 10 • bei der Reaktion mineralische Schlacketröpfchen anfallen, die getrennt von dem erhaltenen Synthesegas aus dem Reaktor ausgeführt werden, und
- das erhaltene Synthesegas in beliebiger Richtung aus dem Reaktor ausgeführt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 15 • die im Synthesegas enthaltenen dampfförmigen Alkalien durch In-Kontaktbringen mit Getterkeramik aus dem Synthesegas entfernt werden, und
- das Synthesegas ohne vorherige Kühlung in eine Schlackeabscheidevorrichtung geleitet wird, in der Schlacketröpfchen als flüssige Schlacke abgezogen werden.

20 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schlackeabscheidevorrichtung eine zyklonartige Vorrichtung ist, die auch eine Schüttung enthalten kann, in der das heiße Gas eine kreisförmige Bewegung ausführt, so dass ein Großteil der in dem Gas enthaltenen Schlacke durch die Fliehkräfte an den Wänden abgeschieden wird.

25 3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schlackeabscheidevorrichtung eine Schüttschicht enthält, in der sich die Schlacke aus dem Gas abscheidet.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Getterkeramik als Pulver oder Additiv dem Brennstoff zugemischt wird, die Getter-

keramik im Vergasungsraum mit dem entstandenen Synthesegas in Kontakt kommt, und die Entfernung der Alkalien aus dem Synthesegas im Vergasungsraum erfolgt.

- 5 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Getterkeramik als Schüttung in einer der Abscheidevorrichtung nachgeschalteten Vorrichtung mit dem Synthesegas in Kontakt kommt und die Entfernung der Alkalien aus dem Synthesegas in dieser nachgeschalteten Vorrichtung erfolgt.
- 10 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Brennstoffe Kohle, Kohleemulsion, Kohleaufschlämmung, Petrolkoks, biologische Brennstoffe oder Kunststoffe in zerkleinerter Form eingesetzt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vergasung bei einer Temperatur von 800 bis 1800 °C durchgeführt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vergasung bei einem Druck von 0,1 bis 10 MPa durchgeführt wird.
- 15 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das durch die Vergasung erhaltene Synthesegas nach Schlacke- und Alkaliabscheidung ein chemisorbierendes Mittel zur Entfernung schwefelhaltiger Bestandteile zugegeben wird.
- 20 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das heiße Synthesegas nach der Reinigung von Schlacke, Alkalien und gegebenenfalls schwefelhaltigen Substanzen durch eine Heißgasturbine geleitet wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** an die Heißgasturbine ein Generator zur Stromerzeugung angeschlossen ist, mit dem Strom erzeugt wird.
- 25 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit der Heißgasturbine ein Kompressor zur Verdichtung der Verbrennungsluft für die Vergasung angetrieben wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erhaltene Synthesegas zur Synthese von chemischen Erzeugnissen, zur Herstellung von Metallen durch Direktreduktion, oder zur Energieerzeugung verwendet wird.
- 5 14. Vorrichtung zur Herstellung von Synthesegas durch Vergasung gemäß einem Verfahren nach Anspruch 2, die einen Reaktor aufweist, der zur Vergasung von Kohlenstoffhaltigen Brennstoffen bei hohen Temperaturen geeignet ist, und dieser Reaktor eine Vorrichtung zur Zuführung von Luft oder Sauerstoff oder sauerstoffangereicherter Luft sowie Wasserdampf besitzt, und einen Reaktionsraum zur
10 Umsetzung von Kohlenstoffhaltigen Brennstoffen mit einem wasserdampf- oder wasserdampf- und sauerstoffhaltigen Gas besitzt, **dadurch gekennzeichnet, dass** direkt im Anschluss an den Reaktor ein mindestens einstufiger Heißgaszyklon angeordnet ist, der eine Abzugseinrichtung für flüssige Schlacke aufweist.
- 15 15. Vorrichtung zur Herstellung von Synthesegas durch Vergasung gemäß einem Verfahren nach Anspruch 2, die einen Reaktor aufweist, der zur Vergasung von Kohlenstoffhaltigen Brennstoffen bei hohen Temperaturen geeignet ist, und dieser Reaktor eine Vorrichtung zur Zuführung von Luft oder Sauerstoff oder sauerstoffangereicherter Luft sowie Wasserdampf besitzt, und einen Reaktionsraum zur
20 Umsetzung von Kohlenstoffhaltigen Brennstoffen mit einem wasserdampf- oder wasserdampf- und sauerstoffhaltigen Gas besitzt, **dadurch gekennzeichnet, dass** direkt im Anschluss an den Reaktor ein mindestens einstufiger Heißgaszyklon angeordnet ist, in dem eine Schüttung enthalten ist und der eine Abzugseinrichtung für flüssige Schlacke aufweist.
- 25 16. Vorrichtung zur Herstellung von Synthesegas durch Vergasung gemäß einem Verfahren nach Anspruch 3, die einen Reaktor aufweist, der zur Vergasung von Kohlenstoffhaltigen Brennstoffen bei hohen Temperaturen geeignet ist, und dieser Reaktor eine Vorrichtung zur Zuführung von Luft oder Sauerstoff oder sauerstoffangereicherter Luft sowie Wasserdampf besitzt, und einen Reaktionsraum zur
30 Umsetzung von Kohlenstoffhaltigen Brennstoffen mit einem wasserdampf- oder wasserdampf- und sauerstoffhaltigen Gas besitzt, **dadurch gekennzeichnet, dass** direkt im Anschluss an den Reaktor eine Vorrichtung mit einer Schüttung angeordnet ist, die eine Abzugseinrichtung für flüssige Schlacke aufweist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** direkt im Anschluss an den Reaktor sowohl ein mindestens einstufiger Heißgaszyklon als auch eine Vorrichtung mit einer Schüttung angeordnet sind, die jeweils eine Abzugseinrichtung für flüssige Schlacke aufweisen.
- 5 18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17 zur Durchführung eines Verfahrens gemäß Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** direkt im Anschluss die Schlackeabscheidevorrichtung eine Vorrichtung mit einer Schüttung von Getterkeramik vorgesehen wird.
- 10 19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich hinter der Vorrichtung zur Reinigung des Synthesegasstromes von Schlacken und Alkalien eine Heißgasturbine befindet.
- 15 20. Verwendung von Getterkeramik zur Durchführung eines Verfahrens gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Getterkeramik entweder Siliciumdioxid oder Silikate oder Aluminate oder Aluminiumoxid oder Verbindungen oder Mischungen daraus oder beliebige Verbindungen aus Oxid und Nichtoxidkeramik enthält.
21. Verwendung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Getterkeramik übergangsmetallhaltige Verbindungen enthält.
- 20 22. Verwendung nach einem der Ansprüche 19 oder 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Getterkeramik aus Aluminosilikaten gebildet wird, wobei Kaolin, Emathlite, Bentonite und Montmorillonite bevorzugt werden.
23. Verwendung nach einem der Ansprüche 19 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Getterkeramik in Form von hochporösen Feststoffpartikeln in Form einer Schüttschicht in dem Alkaliabscheider untergebracht ist.
- 25 24. Verwendung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei den hochporösen Feststoffpartikeln um Kugeln, Sattelnkörper, Raschigringe, Pallringe oder zylindrische Körper handelt.

25. Verwendung nach einem der Ansprüche 22 oder 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Getterkeramik in Form von hochporösen keramischen Formkörpern in dem Alkaliabscheider untergebracht oder aufgehängt ist.
26. Verwendung nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Getterkera-
5 mik einen Teilchendurchmesser von 2 mm bis 100 mm besitzt.
27. Verwendung nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Getterkera-
mik einen Teilchendurchmesser von 20 bis 40 mm besitzt.

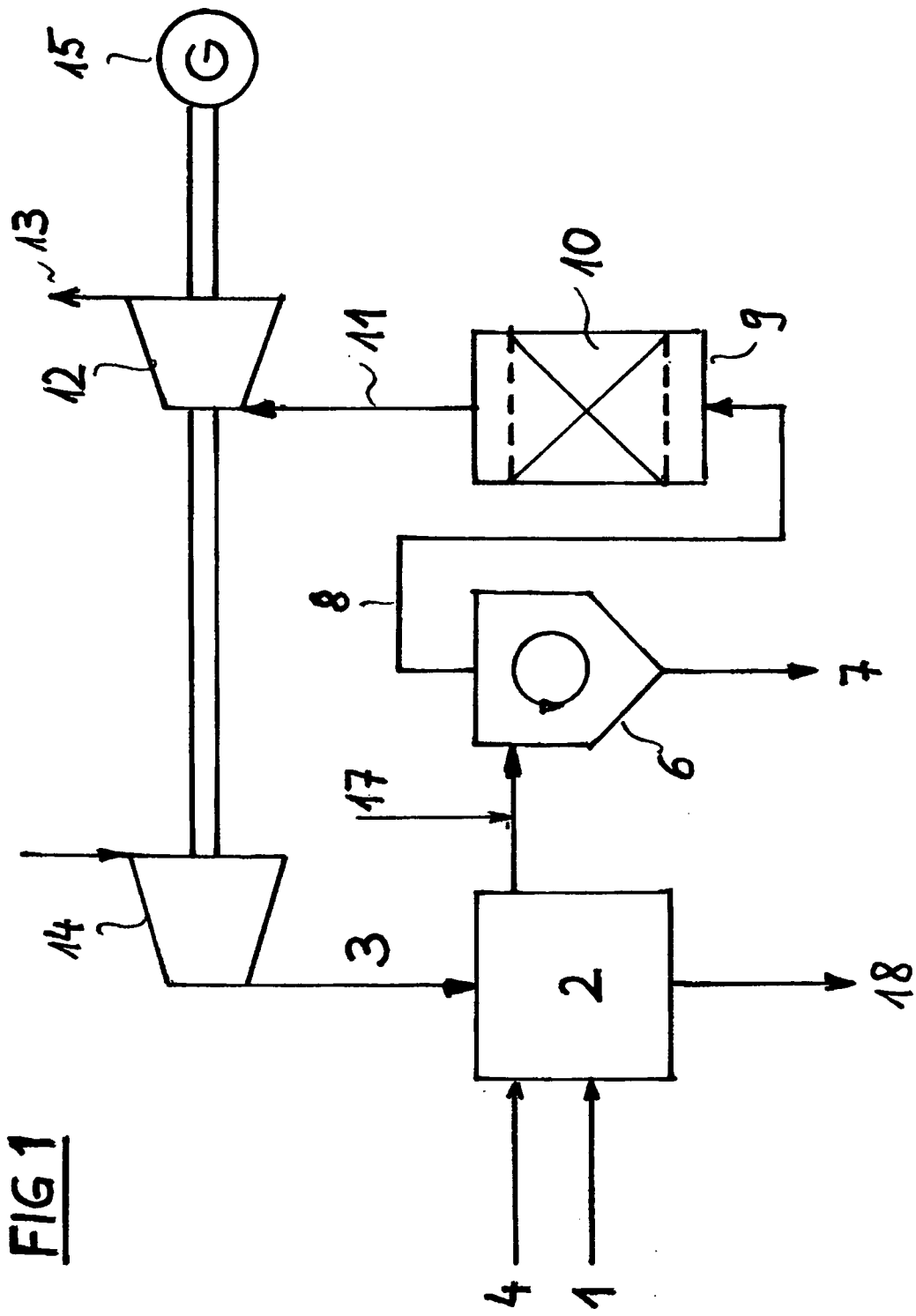


FIG 1