

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 563 777 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **93104882.1**

(51) Int. Cl.⁵: **C10J 3/66**

(22) Anmeldetag: **24.03.93**

(30) Priorität: **24.03.92 DE 4209549**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.10.93 Patentblatt 93/40

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE DE ES FR GB GR IT NL PT SE

(71) Anmelder: **STILL OTTO GMBH**
Postfach 10 18 50,
Christstrasse 9
D-44718 Bochum(DE)
Anmelder: **VAW ALUMINIUM AG**
Georg-von-Boeselager-Strasse 25
D-53117 Bonn(DE)

(72) Erfinder: **Dobert, Helmut**
Bergstr. 22
45527 Hattingen(DE)
Erfinder: **Rossel, Hartmunt Dr.-Ing.**
Hoher Rain 5
53859 Niederkassel(DE)

(74) Vertreter: **Müller-Wolff, Thomas et al**
HARWARDT NEUMANN,
Patent- und Rechtsanwälte,
Postfach 14 55
D-53704 Siegburg (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Synthesegas durch thermische Behandlung von Reststoffen enthaltend metallische und organische Bestandteile.**

(57) Es war ein Verfahren zu entwickeln, mit dem die bei der getrennten Erfassung und Sortierung von Verpackungsmaterialien u.ä. anfallenden Reststoffe zur Herstellung eines Synthesegases genutzt werden können und gleichzeitig das in den Reststoffen enthaltene Schadstoffpotential zerstört und die Bildung neuer Schadstoffe unterbunden wird.

Dies geschieht dadurch, daß im Anschluß an eine Pyrolysereaktion bei Temperaturen von 300 - 500° C die metallischen Bestandteile abgetrennt und die verbleibende Feststoffphase in eine Vergasungsstufe eingegeben wird und bei Temperaturen zwischen 1450 - 1850° C mit Sauerstoff angereicherte Luft oder Sauerstoff unter reduzierenden Bedingungen vergast wird. Die aus der Vergasungsstufe anfallenden Ascheanteile werden in Form einer verglasten Schlacke abgezogen und die die Pyrolyse verlassende Gasphase wird zusammen mit den in der Vergasungsstufe entstandenen Gasen unter gleichzeitiger Zugabe von Wasserdampf bei Temperaturen zwischen 800 - 1250° C zu Synthesegas umgesetzt.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens besteht aus einem Drehrohrreaktor, der an dem der Aufgabeseite gegenüberliegenden Ende eine

Gasableitung für die entstehenden Pyrolysegase aufweist. An der Abzugseite für Feststoffe ist das Drehrohr mit einer Metallabscheidevorrichtung und einem Vergasungsreaktor verbunden, der über einen Gasauslaß an einen Zersetzungsreaktor angeschlossen ist, wobei in den Zersetzungsreaktor weiterhin die aus dem Drehrohrreaktor abgezogenen Pyrolysegase und Wasserdampf eingeführt werden. Das entstehende Syntheserohgas wird über eine Kühl- und Wascheinrichtung aus dem Zersetzungsreaktor abgeleitet.

EP 0 563 777 A2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Synthesegas durch thermische Behandlung von Reststoffen enthaltend metallische und organische Bestandteile, insbesondere zur Erzeugung eines wasserstoffreichen Synthesegases.

Reststoffe der eingangs genannten Art fallen beispielsweise bei der getrennten Erfassung und Sortierung von Verpackungsmaterialien aus dem Haushaltsbereich oder als Produktionsrückstände an und bestehen üblicherweise aus Kunststoffen verschiedener Zusammensetzungen in Verbindung mit dünnen Metallfolien aus beispielsweise Aluminium.

Üblicherweise sind Verpackungsmaterialien mit Lackierungen und/oder Klebschichten versehen, die bei der Verarbeitung schadstoffhaltige Produkte ergeben, die eine Wiederverwertung im hohen Maße erschweren. Besonders hervorzuheben ist ein organisch gebundener Chloranteil, der auf in den Misch- Kunststoffen enthaltenes Polyvinylchlorid PVC zurückzuführen ist sowie auf polychlorierte Kohlenwasserstoffe wie PCB (polychlorierte Biphenyle) und andere, teils sehr toxische Verbindungen.

Desweiteren sind Schwefelverbindungen verschiedenster Zusammensetzung aber auch Schwermetalle in solchen Reststoffen zu finden. Zum Schluß sei noch auf das Problem der anhaftenden Inhaltsstoffe hingewiesen, die je nach Einsatzgebiet des Verpackungsmaterials beispielsweise aus Arzneimittelresten, Lebensmittel aber auch aus verschiedenen Chemikalien, z.B. aus der Fotoindustrie, bestehen können.

Die Erzeugung von Synthesegas wie auch die Vergasung fester Materialien insgesamt sind in vielfältiger Weise erprobt und betrieben worden. Die eingesetzten Energieträger bestanden bisher jedoch in erster Linie aus Steinkohlen und -koks aber auch aus sogenannten "minderwertigen" Stoffen mit geringerem Heizwert, wie z.B. Braunkohlen, Torf und Holz. Die Beschaffenheit derartiger Einsatzmaterialien unterscheidet sich sowohl hinsichtlich ihrer physikalischen Konsistenz als auch hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung, insbesondere hinsichtlich des Wasserstoff-, Sauerstoff- und Schadstoffgehaltes deutlich von den eingangs genannten Reststoffen. Daher ist eine unmittelbare Anwendung der bekannten Verfahren und Vorrichtungen auf die thermische Behandlung von Verpackungsmaterialien und Produktionsrückständen nicht möglich.

Es ist bekannt, daß Reststoffe durch pyrolytische Behandlung aufgeschlossen und in eine Gas- und eine Feststofffraktion getrennt werden können. Weiterhin sind Verfahren bekannt, die die beim Pyrolyseprozeß anfallende Gasphase in Verbrennungseinrichtungen, in Einzelfällen gemeinsam mit den nicht direkt verwertbaren Feststoffen aus der Fraktionierung, einsetzen und energetisch verwer-

ten. Die damit verbundene "Dioxinproblematik" (Dioxinbildung, -rückbildung und -zerstörung) führt zu einem erheblichen Aufwand bei der Reinigung der dabei anfallenden Rauchgase. Auch die Nutzung der prozeßintern anfallenden Abwärmen, z.B. zur Beheizung des Pyrolyseofens, ist nur mit einer aufwendigen Anlagenausrüstung zu realisieren.

Aus DE-A 24 32 504 ist ein Verfahren bekannt, bei dem Abfall bei einer Temperatur von 300 bis 600° C unter Luftabschluß pyrolysiert und das dabei erhaltene Schwelgas kontinuierlich durch ein glutheiße Koks Bett geleitet wird. Im Koks Bett wird das Schwelgas zu einem Brenngas umgewandelt.

Das glutheiße Koks Bett wird dabei durch den anfallenden Schwelkoks und/oder durch andere Kohlenstoffträger, wie z.B. Holzkohle oder Braunkohlen-Schwelkoks und zugeleiteter vorgewärmter Frischluft gebildet. Dem Koks Bett wird dabei soviel vorgewärmte Frischluft zugeführt, daß ein Temperaturniveau von 1000 bis 1200° C gehalten und eine Spaltung der im Schwelgas enthaltenen längeren Molekülketten stattfinden kann. Es ist von Nachteil für die Umweltverträglichkeit einer solchen Anlage, daß die im Koks Bett anfallenden restlichen Feststoffe nicht aufgeschmolzen und Schadstoffe, wie Schwermetallverbindungen, nicht eluatsicher in diesen eingebunden werden, so daß sie bei offener Lagerung auf einer Deponie mit der Zeit ausgewaschen bzw. ausgelaugt werden können.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Synthesegas durch thermische Behandlung von Reststoffen enthaltend metallische und organische Bestandteile zu schaffen, bei dem das in den Reststoffen enthaltene Schadstoffpotential zerstört und die Bildung neuer Schadstoffe unterbunden wird, wobei die entstehenden Verfahrensprodukte feste als Füllstoffe z.B. im Baubereich einsetzbar oder zumindest deponiefähig sind und die in den Reststoffen enthaltene chemische Energie auf möglichst hohem Niveau zur Herstellung eines hochwertigen Synthesegases genutzt wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst. Weitere bevorzugte Verfahrensvarianten sind den Unteransprüchen zu entnehmen. Ferner ist eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens genannt, mit der neben der Synthesegaserzeugung gleichzeitig die in den Reststoffen enthaltenen Wertstoffe separiert und einer nützlichen Verwendung zugeführt werden können.

In überraschender Weise konnte mit dem erfindungsgemäßen Verfahren in einer Zersetzungs- und einer Vergasungsstufe eine vollständige Zerstörung der organischen Kohlenwasserstoffe unter gleichzeitiger Bildung eines wertvollen wasserstoffreichen Synthesegases erreicht werden, wobei die aus der Umwandlung entstehenden Abbau- und

Abfallprodukte als Schlacke aus dem Zersetzungsprozess abgezogen werden können und mit den evtl. anfallenden Schwermetallen zu mineralischen Glaskörpern erstarren. Sie lassen sich mit Vorteil als Füllstoffe oder Baumaterialien nutzen. Sie können aber auch zwischengelagert werden, da die Schadstoffe fest eingebunden und nicht auslaugbar sind.

Im folgenden wird die Erfindung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 prinzipieller Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Synthesegasherstellung,

In der Pyrolysestufe wird bei 300-500 °C zunächst eine thermische Auftrennung der Reststoffe in einen Gas- und einen Feststoffstrom durchgeführt. Die Temperatur wird in der Pyrolysestufe so eingestellt, daß je nach der vorhandenen Menge an Chlor bzw. chlororganischen Verbindungen im Einsatzmaterial alle polychlorierten Kohlenwasserstoffe vollständig in die Gasphase überführt werden. Die Behandlungszeit ist ebenfalls so zu steuern, daß unter denen bei der Pyrolyse herrschenden Bedingungen keine neuen Schadstoffe entstehen können. Zur Sicherstellung dieser Aufgabe ist eine ausreichende Behandlungszeit erforderlich, die bei Durchführung z.B. in einem Drehrohrreaktor ca. 45-60 min. beträgt.

Im Anschluß an die Pyrolyse werden der Gas- und der Feststoffstrom getrennt einer Weiterbehandlung zugeführt. Beim Feststoffstrom erfolgt eine Zerkleinerung und Abtrennung der wiederverwertbaren Bestandteile wie z.B. der Metalle. Dieses geschieht in einer Metallabscheidevorrichtung 4, von dort gelangen die Metallanteile in gereinigter Form in den Schmelzofen 5.

Die nichtmetallischen Anteile der Pyrolysefeststoffe enthalten außer Mineralien noch Schwermetalle und Salze sowie elementaren Kohlenstoff und auch schwer flüchtige Kohlenwasserstoffanteile. Diese gelangen in eine Vergasungszone, wo unter Zugabe von sauerstoffangereicherter Luft oder Sauerstoff bei Temperaturen von über 1300 °C CO, CO₂, H₂ und H₂O als gasförmige Produkte sowie flüssige Schlacke entstehen. Die Schlacke wird aus der Vergasungszone abgezogen, abgekühlt und kann als Füllmaterial verwendet oder der Deponie zugeführt werden.

Die aus der Vergasungsstufe abgezogenen gasförmigen Produkte werden in der Zersetzungsstufe mit den gasförmigen Bestandteilen aus der Pyrolyse gemischt, wobei gleichzeitig die für die Herstellung von Synthesegas erforderliche Menge an Wasserdampf zugeführt wird. Die stöchiometrisch erforderlichen Mengen lassen sich aus der Analyse der Ausgangsstoffe sowie der verbleibenden Feststoffe aus der Pyrolyse und des Sauer-

stoffgehaltes der eingeblasenen Luft berechnen. Sie sind so zu berechnen, daß die zur vollständigen Umwandlung der im Pyrolysegas enthaltenen Kohlenwasserstoffe erforderlichen Spalt- und Zersetzungsreaktionen selbsttätig ablaufen und als Ergebnis ein Synthesegas mit der gewünschten Zusammensetzung entsteht.

Ein wesentlicher Erfindungsgedanke besteht darin, daß das Einsatzmaterial enthaltend metallische und organische Bestandteile in mehreren Temperaturstufen vergast wird, nämlich zunächst bei niedrigen Temperaturen in der Pyrolyse (Entgasung) und dann - getrennt von den Pyrolysegasen - in einer Vergasungszone bei sehr hohen Temperaturen, während die Pyrolysegase bei wesentlich niedrigeren Temperaturen, beispielsweise bei 1000 °C in Gegenwart von Wasserdampf zu einem Gasgemisch mit einem hohen Anteil an H₂ und CO umgewandelt werden. Unter diesen Bedingungen ist auch eine Rückbildung der polychlorierten Kohlenwasserstoffe (denovo-Synthese) ausgeschlossen, so daß die aus der Zersetzungsstufe abgehenden Syntheserohgase nur noch einer nassen Reinigung unterzogen werden müssen, um Schadstoffe wie Chlorwasserstoff, Ammoniak und anorganische Schwefelverbindungen aus dem Gas zu entfernen.

Wegen der besonderen Bedeutung des mehrstufigen Verfahrensablaufes ist in der Fig. 3 ein Temperaturprofil dargestellt, aus dem gleichzeitig Ort und Zeitraum der jeweils zugegebenen Einsatzstoffe erkennbar ist.

Ein weiteres bedeutendes Merkmal der erfindungsgemäßen Herstellungsweise von Synthesegas besteht darin, daß die Sauerstoffzugabe an einem Ort erfolgt, an dem weder chlororganische Komponenten noch Chlorwasserstoff vorhanden sind. Hinzukommt, daß an dieser Stelle bei Temperaturen über 1300 °C einer Dioxinbildung entgegengewirkt wird, so daß auch in der sauerstoffhaltigen Vergasungsstufe die eingangs gestellten Anforderungen hinsichtlich einer umweltfreundlichen und energetisch günstig ablaufenden Synthesegasverfahren erfüllt werden.

Dieses wird auch dadurch möglich, daß die mit dem Feststoff aus der Pyrolyse anfallenden schwerflüchtigen Kohlenwasserstoffe bei der Vergasung genutzt werden können, in dem sie zu einer Beschleunigung des Verfahrensschrittes beitragen und somit unter Einwirkung der hohen Temperaturen die erwünschten Reaktionen vollständig und rückstandsfrei ablaufen können.

Der der Erfindung zugrundeliegende Gedanke einer mehrstufigen, temperaturangepaßten Aufschließung der Reststoffe kann noch durch eine nachfolgend beschriebene Druckregelung vervollständigt werden. Hierbei wird davon ausgegangen, daß die für die Synthesegaserzeugung erforderli-

che Energie im wesentlichen davon abhängt, bei welchen Temperaturen eine vollständige Durchspaltung des zugeführten Wasserdampfes möglich ist.

Es hat sich nun überraschender Weise gezeigt, daß eine Druckerhöhung in der zweiten Vergasungsstufe für eine vollständige Umsetzung der aus der Pyrolyse abgezogenen und in die Zersetzungsstufe eingeführten Pyrolysegase mit Vorteil genutzt werden kann.

Beispielsweise lassen sich für die beschriebene Aufgabe mit Vorteil Dampfstrahlverdichter einsetzen, die das aus der Pyrolyse entnommene Gas in die zweite Vergasungsstufe unter Druck eindüsen. Dieses hat den weiteren Vorteil, daß die teer- und Öldampfhaltigen Pyrolysegase sehr fein verteilt in die Vergasungskammer eingegeben werden können. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Einlaßöffnungen für die Pyrolysegase und die Wasserdampfeinspeisung gegenüberliegend angeordnet, so daß eine vollständige Durchmischung der Gasbestandteile zu einem homogenen Reaktionsgemisch ermöglicht ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann durch folgende Parameter gesteuert werden:

1. Menge des zugegebenen Sauerstoffs bzw. Luft in die Vergasungsstufe
2. Menge des in den Pyrolysefeststoffen enthaltenen Kohlenstoffanteils bzw. Kohlenwasserstoffverbindungen
3. Menge des in die Zersetzungsstufe eingeleiteten Wasserdampfes
4. Menge und Zusammensetzung der Pyrolysegase

Diese Parameter werden nach folgenden Gesichtspunkten eingestellt:

Zunächst wird das erfindungsgemäße Verfahren bei mittleren Temperaturen angefahren. Dies bedeutet, daß in der Pyrolyse eine Endtemperatur von ca. 400 °C, in der Vergasungsstufe eine Temperatur von ca. 1750 °C und in der Zersetzungsstufe eine Temperatur von etwa 1100 °C eingestellt werden. Dann wird die Zusammensetzung des Syntheserohgases untersucht und je nach Bedarf mehr oder weniger Wasserdampf in die Zersetzungsstufe eingeleitet. Falls dabei die Temperatur von 900 °C unterschritten wird, muß die Temperatur in der Vergasungsstufe angehoben werden. Dies geschieht durch Regelung der zugeführten Sauerstoffmenge.

Bei Überschreitung einer Temperaturobergrenze von 1300 °C in der Zersetzungsstufe muß die Temperatur in der Vergasungsstufe herabgesetzt werden, falls die Wasserdampfmenge in der Zersetzungsstufe nicht erhöht werden kann. Dabei besteht allerdings die Gefahr, daß die aus der Vergasungsstufe abfließende Schlacke noch einen zu hohen Kohlenstoffgehalt aufweist oder eine zu ge-

ringe Viscosität besitzt. In diesem Fall müssen die Bedingungen in der Pyrolyse geändert werden und zwar in der Weise, daß der Kohlenstoffgehalt durch Erhöhung der Pyrolysetemperatur abgesenkt wird. Dieses gelingt allerdings nur bis zu einer Temperaturobergrenze von 500 °C in zufriedenstellender Weise. Darüber hinaus würde bei einer weiteren Temperaturerhöhung die Zusammensetzung der Pyrolysegase so verändert, daß diese in der Zersetzungsstufe bei den dort herrschenden Temperaturen von 900 bis 1300 °C nicht mehr vollständig zu CO und H₂ abgebaut werden könnten.

Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens näher erläutert:

Die zur vollständigen Vergasung der Pyrolyse-Reststoffe notwendige Sauerstoffmenge wird durch Regelung der Vergasungstemperatur im Bereich zwischen 1700 bis 1850 °C eingestellt. In der anschließenden Zersetzungsstufe werden die Pyrolysegase in einer endothermen Reaktion zersetzt, wobei die Temperatur durch eine gesteuerte Wasserdampfzugabe zwischen 900 und 1300 °C geregelt wird. Als Kontrollmittel wird die optimale Zusammensetzung des erzeugten Syntheserohgases zur Regelung herangezogen.

Schwankende Reststoffzusammensetzungen können durch eine Temperaturregelung des Pyrolyseprozesses in ihrer Auswirkung auf die Vergasungs- und Zersetzungsstufe ausgeglichen werden. Dies geschieht in vorteilhafter Weise über die Steuerung des Gehaltes an "schwerflüchtigen Kohlenwasserstoffen", deren Anteil in Abhängigkeit von der Pyrolysetemperatur im Pyrolysefeststoff variiert wird. Der Gehalt an schwerflüchtigen Kohlenwasserstoffen beeinflusst aber wiederum die Temperatur des Vergasungsprozesses und die Zusammensetzung der die Vergasung verlassenden Rohgase.

Nach der vorgeschlagenen Verfahrensweise wird eine Rückbildung der polychlorierten Kohlenwasserstoffe (denovo-Synthese) mit Sicherheit unterbunden, da die Sauerstoffzugabe an einem Ort erfolgt, an dem weder chlororganische Komponenten noch Chlorwasserstoff vorhanden sind. So müssen die aus der Zersetzungsstufe abgehenden Syntheserohgase nur noch einer nassen Reinigung unterzogen werden, um die in der Zersetzungsstufe eventuell gebildeten Schadstoffe, wie Chlorwasserstoff, Ammoniak und anorganische Schwefelverbindungen aus dem Rohgas zu entfernen.

Bei der Zufuhr von Pyrolysegas in die Zersetzungsstufe kann die Druckenergie des Wasserdampfes zur Druckerhöhung des Pyrolysegases genutzt werden. Durch den Überdruck wird die Einbringung des Pyrolysegases in die Zersetzungsstufe erleichtert. Ferner ist ein vorteilhafter Betrieb der Vergasungs- und Zersetzungsstufe unter erhöhtem Druck möglich.

Dabei lassen sich mit Vorteil Dampfstrahlverdichter einsetzen, die das aus der Pyrolyse entnommene Gas in die Zersetzungsstufe unter Druck eindüsen. Durch das Eindüsen können die teer- und ölhaltigen Pyrolysegase sehr fein verteilt in den Zersetzungsraum eingegeben werden.

Im folgenden wird das Prinzipbild der Synthesegaserzeugung näher erläutert. Die Einsatzstoffe E bzw. Reststoffe wie Verpackungsmaterialien und Kunststoff/Metallverbunde werden in die Pyrolyse 1 eingegeben. Nach einer Temperaturbehandlung zwischen 300 und 500 °C verlassen die Pyrolysegase PG und die Pyrolysefeststoffe PFM die Pyrolyse 1 über getrennte Leitungen.

Der Pyrolysefeststoff PFM ist durch die Pyrolysebehandlung sehr homogen und gut aufbereitet, so daß eine Metallabscheidung in dem Metallabscheider 4 durchgeführt werden kann mit dem Ergebnis, daß der Metallanteil einem Ofen 5 zugeführt wird, während die übrigen Bestandteile als Pyrolysefeststoff PF in die Vergasungszone 3.1 eingegeben werden. Weiterhin gelangt Sauerstoff O in die Vergasungszone 3.1, wodurch die Temperatur zwischen 1700 °C und 1850 °C in der Vergasungszone geregelt wird.

Sobald der Kohlenstoffgehalt des Pyrolysefeststoffes PF in Kohlenmonoxid CO umgesetzt ist, wird dieses Gas in die Zersetzungsstufe 3.2 zusammen mit dem Pyrolysegas PG und Wasserdampf WD eingegeben. Bei Temperaturen zwischen 900 und 1300 °C wird ein Syntheserohgas SR erzeugt, das in einer Gasreinigung 6 gereinigt und anschließend nach einer Gaswäsche 8 als gereinigtes Synthesegas SG die Anlage verläßt.

Wie bekannt, kann das Waschwasser durch Eindampfer 9 geleitet werden, wobei die Brüden B zweckmäßiger Weise in den Zersetzer 3.2 eingeleitet werden. Mit dem eingedampften Wasser verlassen die Salze SA die Eindampfer 9. Ferner können aus der Vergasungsstufe 3.1 Schlacke SC und aus dem Ofen 5 eine Metallschmelze gewonnen werden, die sich in vorteilhafter Weise zu Sekundärmetall verarbeiten läßt.

Zur Gasreinigung wird Speisewasser W verwendet, daß in die Gasreinigung 6 eingeleitet und diesen als Wasserdampf WD verläßt. Der Wasserdampf wird in die Zersetzungsstufe 3.2 zur Bildung von Synthesegas eingegeben und kann vorteilhafterweise auch noch für die Herstellung von Druckenergie in einem Dampfstrahlverdichter 2 eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Synthesegas durch thermische Behandlung von Reststoffen enthaltend metallische und organische Bestandteile, insbesondere von Verpackungsmaterialien aus Aluminium und Kunststoff, dadurch gekennzeichnet, daß die Reststoffe bei Temperaturen von 300-500 °C in einer Pyrolysereaktion aufgeschlossen und in eine Gas- und Feststoffphase getrennt werden, nach Abtrennung der metallischen Bestandteile die verbleibende Feststoffphase in eine Vergasungsstufe eingegeben wird und bei Temperaturen zwischen 1450 und 1850 °C mit sauerstoffangereicherter Luft oder Sauerstoff unter reduzierenden Bedingungen vergast wird, die aus der Vergasungsstufe anfallenden Ascheanteile in Form einer verglasten Schlacke abgezogen werden und die die Pyrolyse verlassende Gasphase in einer Zersetzungsstufe mit den in der Vergasungsstufe entstandenen Gasen unter gleichzeitiger Zugabe von Wasserdampf bei Temperaturen zwischen 800 und 1250 °C zu Synthesegas umgesetzt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Reststoffe in der Pyrolysestufe auf eine Temperatur erhitzt werden, die ausreicht, um die chlororganischen Kohlenwasserstoffe auszutreiben.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die aus der Pyrolysestufe stammenden Feststoffe nach Abtrennung der metallischen Bestandteile in der ersten Vergasungsstufe auf eine Temperatur erhitzt werden, die ausreicht, um den organischen Anteil vollständig in eine Gasphase, bestehend aus CO, CO₂, H₂ und H₂O, zu überführen.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformung der Gase in der Zersetzungsstufe unter erhöhtem Druck abläuft.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Pyrolysegase unter erhöhtem Druck in die Zersetzungsstufe eingeleitet und unmittelbar mit dem Wasserdampf in Kontakt gebracht werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Synthesegas gereinigt, das Wasch-

wasser eingedampft und ein Teil der dort wasser-
dampfhaltigen Brüden zur Zersetzung der
Pyrolysegase genutzt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 5
dadurch gekennzeichnet,
daß der zur Zersetzung der Pyrolysegase erforderliche Wasserdampf zum Betrieb eines
Dampfstrahlverdichters genutzt wird. 10

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 15
dadurch gekennzeichnet,
daß die aus der ersten Vergasungsstufe abgezogene Schlacke zur Aufheizung des zur Zersetzung der Pyrolysegase erforderlichen Wasserdampfes genutzt wird.

9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens 20
nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Reststoffe stirnseitig in einen Drehrohrreaktor eingegeben werden, der am anderen
Ende eine Gasableitung für die entstehenden 25
Pyrolysegase aufweist,
daß die aus dem Drehrohr abgezogenen Feststoffe über eine Metallabscheidevorrichtung in
einen Vergasungsreaktor eingeleitet werden, 30
wobei die abgeschiedenen Metalle zurückgehalten und ggfs. einem Schmelzofen zugeführt
werden,
daß in den Vergasungsreaktor sauerstoffangereicherte Luft oder Sauerstoff eingegeben wird
und die entstehenden Gase in einen Zersetzungsreaktor überführt werden, während die 35
Ascheanteile in Form einer flüssigen Glasschlacke abgezogen, gekühlt und verfestigt
werden,
daß die Pyrolysegase zusammen mit Wasserdampf in den Zersetzungsreaktor eingeleitet 40
werden und
daß die entstehenden Synthese-Rohgase durch eine Kühl- und Waschanlage geleitet
werden. 45

50

55

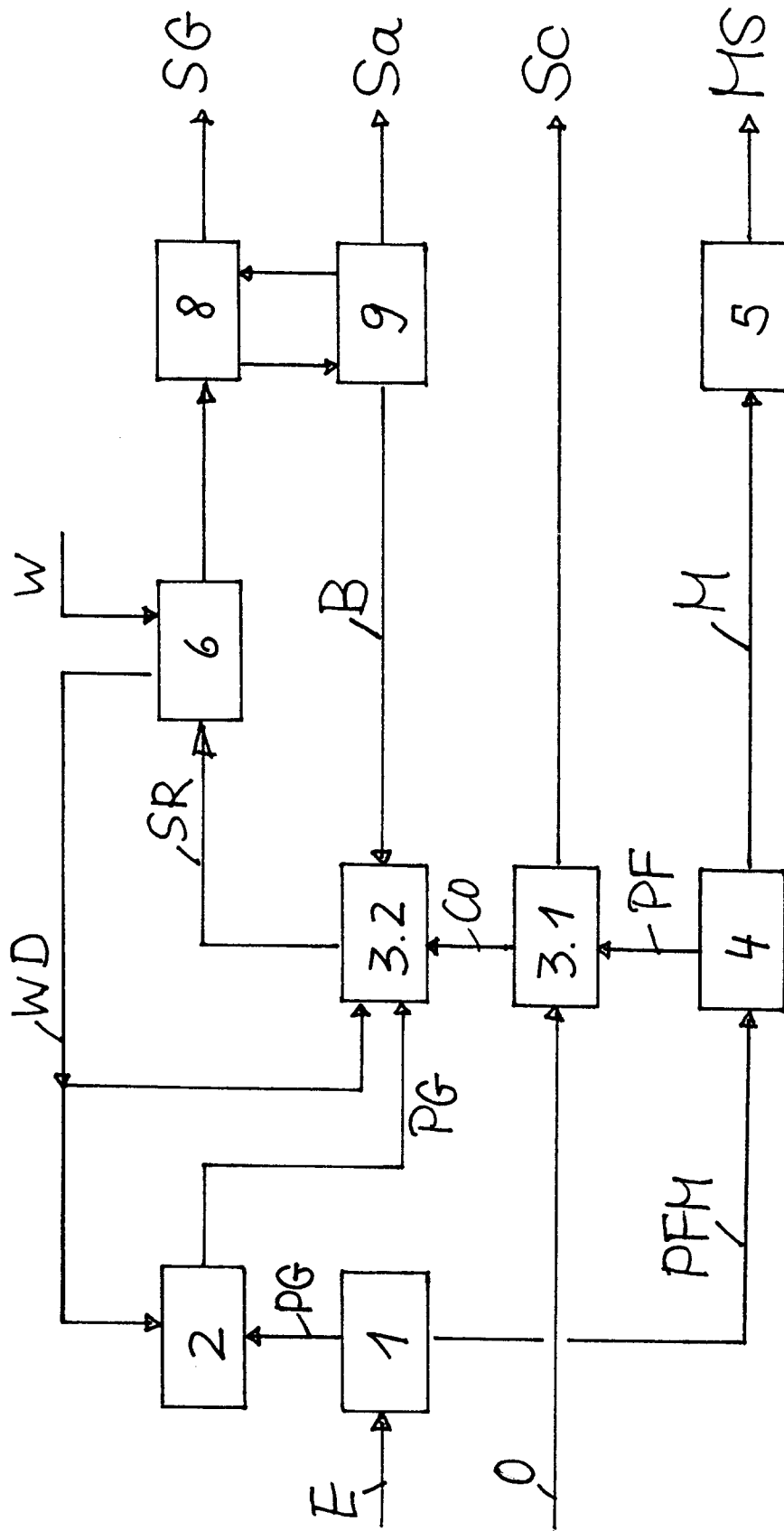


Fig. 1