



DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK
AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

PATENT-SCHRIFT 145543

Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

Int. Cl.³

(11)	145 543	(44)	17.12.80	3(51)	C 10 J 3/54
(21)	AP C 10 J / 214 971	(22)	14.08.79		
(31)	P 28 36 175.3	(32)	18.08.78	(33)	DE

(71) siehe (73)

(72) Reh, Lothar, Dr. Dipl.-Ing.; Hirsch, Martin, Dipl.-Ing.;
Baron, Gerhard, Dr.-Ing.; Blaum, Eberhard, Dr.-Ing.; Hafke,
Carl, Dr.-Ing., DE

(73) Metallgesellschaft AG, Frankfurt/Main, DE

(74) Internationales Patentbüro Berlin, 1020 Berlin,
Wallstraße 23/24

(54) Verfahren zum Vergasen fester, feinkörniger Brennstoffe

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vergasen fester, feinkörniger Brennstoffe zur Erzeugung eines Wasserstoff, Kohlenoxide und Methan enthaltenden Produktgases in zwei miteinander verbundenen Vergasungsstufen mit mindestens einem der Vergasungsmittel Wasserdampf, Sauerstoff und/oder Kohlendioxid unter einem Druck im Bereich von 2 bis 150 bar und bei Temperaturen von 500 bis 1500 °C. Das erzeugte Produktgas wird angewandt zur Erzeugung von Reduktionsgas für die Metallurgie, Heizgas für Gas-Dampfturbinen-Kraftwerke, Synthesegas. Erfindungsgemäß wird in der ersten Vergasungsstufe der Brennstoff in einer zirkulierenden Wirbelschicht mit Vergasungsmittel und Produktgas der zweiten Vergasungsstufe teilweise vergast. Der dabei anfallende Feststoffrückstand wird der zweiten Vergasungsstufe aufgegeben und mit Sauerstoff enthaltendem Vergasungsmittel praktisch vollständig bis auf einen Ascherest vergast. Mindestens die Hälfte des Produktgases der zweiten Vergasungsstufe wird in die erste Vergasungsstufe als Wirbelmedium geleitet.

20 Seiten

Berlin, den 11.12.1979

AP C 10 G/214 971

55 812/18

Verfahren zum Vergasen fester, feinkörniger Brennstoffe

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vergasen fester, feinkörniger Brennstoffe zur Erzeugung eines Wasserstoff, Kohlenoxide und Methan enthaltenden Produktgases in zwei miteinander verbundenen Vergasungsstufen mit mindestens einem der Vergasungsmittel Wasserdampf, Sauerstoff oder Kohlendioxid unter einem Druck im Bereich von 2 bis 150 bar und Temperaturen von 500 bis 1500 °C.

Als feste Brennstoffe kommen für das Verfahren insbesondere Kohle und Braunkohle, aber auch Torf in Frage. Der Brennstoff wird der Vergasung mit Korngrößen unter 3 mm aufgegeben. Sauerstoff kann als Vergasungsmittel in an sich bekannter Weise in Form von technisch reinem Sauerstoff, Luft oder mit Sauerstoff angereicherter Luft angewandt werden. Als oxidierendes Vergasungsmittel wirkt bei den relativ hohen Vergasungstemperaturen auch das Kohlendioxid.

Das gewonnene Gas wird angewandt als Ausgangsprodukt für die Erzeugung von Reduktionsgas für die direkte Reduzierung von Eisenerzen, in kombinierten Gas-Dampfturbinen-Kraftwerken oder als Synthesegas.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Aus der DE-OS 25 11 191 ist die Vergasung von kohlenstoffhaltigen Material bekannt, wobei zwei zirkulierende Wirbelschichten zusammengeschaltet sind. Der ersten Vergasungsstufe, die als zirkulierende Wirbelschicht ausgestaltet

214 971 - 2 - 0

11.12.1979

AP C 10 G/214 971

55 812/18

ist, wird fester und auch flüssiger Brennstoff zusammen mit Wasserdampf aufgegeben. Der Feststoffrückstand der Umsetzung in dieser Stufe gelangt teilweise in die zweite zirkulierende Wirbelschicht, wo eine Umsetzung bei höheren Temperaturen als in der ersten Stufe in Gegenwart von sauerstoffhaltigem Gas und Wasserdampf stattfindet. Der Feststoffrückstand aus der zweiten Vergasungsstufe wird in die erste Stufe zurückgeleitet, um dort für ausreichend hohe Temperaturen zu sorgen. Allerdings enthalten diese aus der zweiten Stufe in die erste Stufe geleiteten Feststoffe einen hohen Anteil an Asche und nur noch wenig Kohlenstoff, so daß die erste Stufe mit beträchtlichen Mengen an unvergasbarer Materie belastet wird. Außerdem ist der feste Brennstoff nach der zweiten Vergasungsstufe so reaktionsträge geworden, daß er in der ersten Vergasungsstufe, in der die tiefsten Temperaturen des Verfahrens herrschen, kaum noch umgesetzt werden kann. Die erwünschte Umsetzung zwischen dem frischen festen Brennstoff und dem Vergasungsmittel kann deshalb in der ersten Stufe leicht zum Erliegen kommen bzw. stark negativ beeinflusst werden.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist, ein Verfahren der eingangs genannten Art mit hoher Leistung auf wirtschaftliche Weise durchzuführen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Verfahrensschritte und die Verfahrensbedingungen zu verändern.

214 971 - 3 -

11.12.1979

AP C 10 G/214 971

55 812/18

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß in der ersten Vergasungsstufe der Brennstoff in einer zirkulierenden Wirbelschicht mit Vergasungsmitteln und Produktgas der zweiten Vergasungsstufe teilweise vergast und das Produktgas abgezogen und gereinigt wird, in der ersten Vergasungsstufe anfallender Feststoffrückstand der zweiten Vergasungsstufe aufgegeben und mit Sauerstoff enthaltendem Vergasungsmittel praktisch vollständig bis auf einen Ascherest vergast und mindestens die Hälfte des Produktgases der zweiten Vergasungsstufe als Wirbelmedium in die erste Vergasungsstufe geleitet wird.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird bewußt vermieden, Feststoffe aus der zweiten Vergasungsstufe in die erste Stufe zu leiten. Wohl ist nicht ganz zu vermeiden, daß das von der zweiten Stufe in die erste Stufe geleitete Produktgas geringe Mengen feiner Feststoffe mit sich führt. Diese mitgerissenen Feststoffe fallen jedoch gegenüber den in der ersten Vergasungsstufe vorliegenden Feststoffmengen nicht ins Gewicht und machen weniger als 1 % des Gewichts der Feststoffe in der zirkulierenden Wirbelschicht aus. Wichtig ist beim erfindungsgemäßen Verfahren aber, daß durch das Produktgas aus der zweiten Stufe fühlbare Wärme in die erste Stufe eingebracht wird. So ist es auch möglich, der ersten Stufe neben dem Wasserdampf und eventuell noch CO_2 als Vergasungsmittel nur wenig oder keinen Sauerstoff zuzuführen.

Die zirkulierende Wirbelschicht zeichnet sich im Unterschied zum klassischen Wirbelbett dadurch aus, daß die feinkörnigen Feststoffe ohne definierte Grenzschicht im Reaktionsraum vorliegen. Es gibt keinen Dichtesprung zwischen dichter

11.12.1979

AP C 10 G/214 971

55 812/18

214 971 - 4 -

Phase und darüber befindlichem Staubraum mehr, jedoch nimmt innerhalb des Reaktors die Feststoffkonzentration von unten nach oben ständig ab. Das Produktgas der zirkulierenden Wirbelschicht enthält große Feststoffmengen, die vom Gas getrennt und in die Wirbelschicht zurückgeführt werden. Wegen der hohen Gasgeschwindigkeiten in der zirkulierenden Wirbelschicht laufen die Reaktionen bei vorgegebener Temperatur mit hoher Geschwindigkeit ab. Das Verfahrensprinzip der zirkulierenden Wirbelschicht ist bekannt und z. B. in Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, 4. Auflage (1973), Band 3, S. 433-446, beschrieben. Einzelheiten der zirkulierenden Wirbelschicht sind aus dem US-PS 3 579 616 bekannt.

Für die Umsetzung in der zweiten Vergasungsstufe kommen verschiedene Reaktortypen in Frage. Die zweite Stufe kann z. B. ebenfalls als zirkulierende Wirbelschicht ebenso wie die erste Stufe betrieben werden. Vorzugsweise wird dabei die Temperatur in der zweiten Vergasungsstufe unterhalb des Ascheschmelzpunktes liegen. Will man aber in der zweiten Vergasungsstufe auch Temperaturen oberhalb des Ascheschmelzpunktes zulassen, so kann diese Stufe vorzugsweise als Schmelzzyklon ausgestaltet werden. Der Schmelzzyklon ist aus der Feuerungstechnik bekannt und z. B. in der DE-OS 20 10 872 sowie im US-PS 3 915 692 beschrieben.

Um die Durchsatzleistungen weiter zu steigern, kann man in den Vergasungsstufen bei Drücken von 5 bis 150 bar und vorzugsweise im Bereich von 10 bis 60 bar arbeiten. Aus diesem Grund ist es auch empfehlenswert, neben dem Feststoffrückstand aus der ersten Stufe auch noch frischen Brennstoff in die zweite Vergasungsstufe zu geben. Ferner

214 971 - 4a -

11.12.1979

AP C 10 G/214 971

55 812/18

ist es möglich, in der ersten und/oder zweiten Vergasungsstufe in Gegenwart katalytisch wirksamer, die Vergasung beschleunigender Substanzen zu arbeiten. Solche Substanzen sind z. B. Alkalisalze wie etwa K_2CO_3 . Diese Substanzen können mit dem festen Brennstoff aber auch mit dem Vergasungsmittel eingebracht werden, und zwar sowohl in der ersten als auch in der zweiten Vergasungsstufe.

Für die Praxis ist es zweckmäßig, die Feststoffmengen in der ersten und zweiten Vergasungsstufe so zu wählen, daß sie zueinander im Gewichtsverhältnis von 6 : 1 bis 1 : 2 stehen.

In vielen Fällen ist es erwünscht, ein an Schwefelverbindungen möglichst armes Produktgas zu erzeugen. Wohl lassen sich die Schwefelverbindungen, insbesondere H_2S , aus dem Produktgas

durch Reinigungsmaßnahmen entfernen, die aber aufwendig sind. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Vergasung des Brennstoffs in Gegenwart von Schwefel aufnehmenden Substanzen durchzuführen. Solche Substanzen sind z. B. Kalkstein, Dolomit, Eisenoxid oder Gemische dieser Stoffe. Sie können in feinkörniger Form bereits dem frischen Brennstoff beigemischt sein, bevor er zur Vergasung geführt wird. Es ist aber auch möglich, diese Substanzen separat in die erste und/oder zweite Vergasungsstufe einzuführen. Der Schwefel wird dadurch zu Verbindungen gebunden, die sich bei den Vergasungstemperaturen nicht zersetzen und schließlich nicht mit dem Produktgas, sondern in Form von Asche abgezogen werden.

In der ersten Vergasungsstufe werden die Temperaturen zumeist bei 700 bis 1200°C und vorzugsweise bei 800 bis 1100°C liegen. Hohe Temperaturen werden bevorzugt, wenn das Produktgas keine oder nur möglichst wenig kondensierbare Bestandteile, insbesondere Teer und flüssige Kohlenwasserstoffe, enthalten soll. Zum Einstellen der Temperatur in den Vergasungsstufen kann insbesondere der Gehalt an Sauerstoff im Vergasungsmittel dienen. Zusätzliche Variationsmöglichkeiten ergeben sich durch die Wahl der Eintrittstemperatur der an der Umsetzung beteiligten Substanzen. Auch durch indirekten Wärmeaustausch mittels Kühlmittleitungen kann die Temperatur in den Vergasungsstufen variiert werden.

Es ist zweckmäßig, in der zweiten Vergasungsstufe mit einer höheren Temperatur als in der ersten Vergasungsstufe zu arbeiten. Dies erreicht man dadurch, daß man im Vergasungsmittel der zweiten Stufe einen relativ hohen Gehalt an Sauerstoff einstellt. Höhere Temperaturen in der zweiten gegenüber der ersten Stufe sind dann nötig, wenn der Feststoffrückstand aus der ersten Stufe reaktionsträge ist und ausreichend hohe Reaktionsgeschwindigkeiten nur bei höheren Temperaturen erreichbar sind.

214 971 - 6 -

11.12.1979
AP C 10 G/214 971
55 812/18

Da das aus der zirkulierenden Wirbelschicht aufsteigende Produktgas ständig beträchtliche Feststoffmengen mit sich führt, kann durch geeignete Wahl des Ortes der Brennstoffaufgabe dessen Verweilzeit in der Umsetzung gesteuert werden. Gibt man den Brennstoff unten in die Vergasungsstufe, so ergeben sich lange Verweilzeiten, in welchen die Schwelprodukte des Brennstoffs praktisch vollständig in der Vergasung umgesetzt werden können. Gibt man den Brennstoff in den oberen Bereich der Wirbelschicht auf, so erreicht man nur kurze Verweilzeiten und ein an Schwelprodukten reiches Produktgas.

Das bei der erfindungsgemäßen Vergasung gewonnene Produktgas wird im allgemeinen nicht nur von Feststoffen gereinigt werden müssen, sondern auch noch unterschiedlichen Konditionierungen zu unterwerfen sein, bevor es in gewünschter Weise verwendet werden kann. Vor allem wird es als Ausgangsprodukt für Synthesegas oder Heizgas dienen können, und zu diesem Zweck kann es einer thermischen oder katalytischen Nachbehandlung unterzogen werden. Eine Nachspaltung kann z. B. darauf gerichtet sein, Kohlenwasserstoffe im Produktgas in die Synthesegas-Komponenten CO und H_2 umzuwandeln. Andererseits kann auch eine hydrierende Spaltung erfolgen, um kondensierbare Kohlenwasserstoffe weitgehend in Methan umzuformen. Das Gas kann als Reduktionsgas für die direkte Reduzierung von Eisenerzen, für die Verwendung in kombinierten Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerken oder allgemein als Synthesegas verwendet werden. Das Synthesegas kann dann in bekannter Weise in synthetisches Erdgas oder aber auch in Methanol oder Ammoniak umgewandelt werden. Das Synthesegas steht aber auch für andere chemische Verfahren, wie z. B. für die Oxo-Synthese oder für die Herstellung

214 971 - 7 -

11.12.1979

AP C 10 G/214 971

55 812/18

von Essigsäure zur Verfügung.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Die beiliegende Zeichnung zeigt ein Beispiel für die Verfahrensführung.

Feinkörnige Kohle mit weniger als 3 mm Korngröße kommt aus einer nicht dargestellten Schleuse und wird in der Leitung 1 zu einer Druckvorlage 2 geführt. Von der Druckvorlage 2 läuft die Kohle durch eine Zuteilvorrichtung 3 und wird pneumatisch über die Leitung 4 der ersten Vergasungsstufe 5 aufgegeben. Als Trägergas für den Transport der Kohle in der Leitung 4 dient vorzugsweise Kohlendioxid oder Stickstoff oder ein Gemisch dieser Gase.

Die erste Vergasungsstufe 5 wird durch einen Druckreaktor gebildet, in welchem sich der Brennstoff im Zustand der zirkulierenden Wirbelschicht befindet. In der zirkulierenden Wirbelschicht wird ständig ein erheblicher Teil der Feststoffe durch das Wirbelgas aus dem Wirbelbereich gefördert, vom Gas getrennt und zurück in den Wirbelbereich geführt. Die Kohle zusammen mit dem Trägergas wird über eine nicht dargestellte Ringleitung mit mehreren, zum Zentrum des Reaktors gerichteten Düsen in die Vergasungsstufe 5 eingeführt. Das gleichzeitig auch als Wirbelgas dienende Vergasungsmittel, überwiegend Wasserdampf, wird durch die Leitung 6 zugeführt. Das Vergasungsmittel kann auch noch Sauerstoff, Luft oder ein Gemisch davon enthalten.

Durch die relativ hohen Gasgeschwindigkeiten in der ersten Vergasungsstufe 5 bildet sich in dieser eine intensiv durch-

11.12.1979

AP C 10 G/214 971

55 812/18

214 971 - 7a -

mischte, stark verdünnte Wirbelschicht aus, wobei ständig Feststoffwolken nach oben und Feststoffstrahlen nach unten transportiert werden. Der zugeführte feinkörnige Brennstoff wird dabei teilweise vergast.

Das Produktgas, das die Vergasungsstufe 5 durch die Leitung 7 verläßt, enthält einen hohen Anteil an Feststoffen. Der größte Teil dieser Feststoffe wird im nachgeschalteten Zyklon 8 vom Gas getrennt und über eine Leitung 9 zum Unterteil der ersten Verga-

sungsstufe 5 in deren Wirbelbereich zugeführt. Die Zusammenschaltung von Wirbelbettreaktor, Produktgasleitung 7, Zyklon 8 und Rückführleitung 9 ist charakteristisch für die apparative Ausgestaltung einer zirkulierenden Wirbelschicht.

Das den Zyklon 8 verlassende Produktgas wird in der Leitung 10 zu einem zweiten Zyklon 11 geführt und dort erneut von einem Teil der noch vorhandenen Feststoffe befreit. Das Produktgas in der Leitung 12 steht für die weitere Verarbeitung, Reinigung und Umwandlung zur Verfügung.

Ein Teil der im Zyklon 8 anfallenden Feststoffe wird in die Leitung 13 abgezweigt und zusammen mit den Feststoffen aus dem Zyklon 11 in die zweite Vergasungsstufe 14 geführt. Die zweite Vergasungsstufe 14 gemäß der Zeichnung ist prinzipiell genau so ausgestaltet wie die erste Vergasungsstufe 5. Abweichend von der Zeichnung könnte als zweite Vergasungsstufe aber auch beispielsweise ein Schmelzzyklon verwendet werden.

Der zweiten Vergasungsstufe 14 wird Wasserdampf und freien Sauerstoff enthaltendes Vergasungsmittel durch die Leitung 15 zugeführt. Zusätzlicher Sauerstoff kann bei Bedarf noch aus der Leitung 16 kommen. Die Vergasungsmittel bilden in der zweiten Vergasungsstufe 14 eine zirkulierende Wirbelschicht aus, wie sie schon zusammen mit der ersten Vergasungsstufe 5 erläutert wurde. Eine höhere Sauerstoffzufuhr in die zweite Vergasungsstufe 14 bewirkt eine höhere Temperatur als in der ersten Vergasungsstufe 5.

Feststoffhaltiges Produktgas verläßt die zweite Vergasungsstufe 14 durch die Leitung 17, wobei die Feststoffe im nachgeschalteten Zyklon 18 weitgehend aus dem Gas abgetrennt werden. Das weitgehend

feststofffreie Produktgas wird mindestens zur Hälfte über die Leitungen 20 und 21 zur ersten Vergasungsstufe 5 zurückgeführt. Nicht zurückgeführtes Produktgas steht in der Leitung 22 zur weiteren Verwendung bereit. Beim üblichen Betrieb der Vergasungsanlage wird jedoch sämtliches Produktgas über die Leitungen 20 und 21 wieder der ersten Vergasungsstufe 5 aufgegeben.

Bei den im Zyklon 18 abgeschiedenen Feststoffen handelt es sich um kohlenstoffarme Asche. Zum Ausnutzen der fühlbaren Wärme dieser Feststoffe kann man sie teilweise durch einen ersten Kühler 23 führen, bevor sie wieder der zweiten Vergasungsstufe 14 aufgegeben werden. Der erste Kühler 23 kann z. B. als Wirbelbettkühler ausgestaltet sein. Im Kühler 23 werden Vergasungsmittel aus der Leitung 24 erwärmt, bevor sie in die beiden Vergasungsstufen 5 und 14 geführt werden. Ein abgezweigter Teil der Feststoffe gibt fühlbare Wärme in einem zweiten Kühler 25 ab. In diesem Kühler 25 wird das in der Leitung 26 herangeführte Trägergas erwärmt, das dann in der Leitung 4 den frischen Brennstoff zur ersten Vergasungsstufe 5 fördert. Die Kühler 23 und 25 können auf verschiedenartige Weise ausgestaltet sein und es ist z. B. möglich, in einem Kühler sowohl einen direkten als auch indirekten Wärmeübergang zwischen den heißen Feststoffen und einem oder mehreren Kühlmedien herzustellen. Vorsorglich ist auch eine gestrichelt eingezeichnete, den Kühler 23 umgehende Bypassleitung 28 vorgesehen.

Beispiel

In einer Verfahrensführung entsprechend der Zeichnung werden pro Stunde 50 t Kohle vergast. Die Kohle hat, wasser- und aschefrei gerechnet, folgende Analyse:

C	86,56 Gew. %
O	5,27 "
H	5,22 "
N	1,62 "
S	1,18 "
Cl	0,15 "

Die Kohle enthält dazu noch 20 % Asche. Die Vergasung in der ersten Vergasungsstufe 5 erfolgt mit dem Produktgas der zweiten Vergasungsstufe 14 sowie pro kg Kohle mit $0,1 \text{ Nm}^3$ Wasserdampf und $0,2 \text{ Nm}^3 \text{ CO}_2$, wobei das CO_2 zum pneumatischen Eintrag der Kohle über die Leitung 4 dient. Der Reaktor der ersten Vergasungsstufe 5 hat eine lichte Höhe von 15 m und einen inneren Durchmesser von 3 m. Der Vergasungsdruck beträgt 30 bar.

Durch die Leitung 12 verlassen pro kg Kohle $2,4 \text{ Nm}^3$ Produktgas mit 1050°C die Vergasungsanlage. Das Produktgas enthält (trocken gerechnet):

CO_2	14,6 Vol. %
CO	58,7 "
H_2	25,0 "
CH_4	6,8 "
N_2	0,5 "
HCl	0,1 "
H_2S	0,3 "

Es wird durch Einsprühen von Wasser und rückgeführtem Kondensat in an sich bekannter Weise gekühlt und grob gereinigt.

Durch die Leitung 13 werden stündlich 14,3 t kohlenstoffhaltiger Rückstand zur zweiten Vergasungsstufe 14 geleitet und dort pro

kg Kohle mit $0,51 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2$ und $0,4 \text{ Nm}^3$ Wasserdampf aus der Leitung 15 umgesetzt. Der Druck liegt bei 30 bar; die Vergasungsstufe 14 ist apparativ genauso gestaltet wie die erste Vergasungsstufe 5. Das ganze dabei entstehende Produktgas mit einer Temperatur von 1200°C wird über den Zyklon 18 sowie die Leitungen 20 und 21 zurück zur ersten Vergasungsstufe geführt. Im Zyklon 18 fallen pro Stunde 100 t Feststoffe an, die im Verhältnis 9 : 1 auf die Kühler 23 und 25 verteilt werden. Im Kühler 23 wird die Temperatur der Feststoffe von 1200°C auf 1100°C gesenkt, bevor sie zurück in die Vergasungsstufe 14 geführt werden.

Beispiel 2

Zur Erzeugung eines Brenngases für ein kombiniertes Gas-Dampfturbinenkraftwerk wird einer der Zeichnung entsprechenden Anlage eine Kohle wie im Beispiel 1 zugeführt. Zusätzlich zur Kohle werden 75 g Kalkstein pro kg Kohle dem Reaktor 5 zur Entschwefelung des Produktgases zugesetzt.

Die Kohle wird in den Reaktor 5 mit $0,2 \text{ Nm}^3$ Luft/kg Kohle pneumatisch eingetragen, weiterhin werden dem Reaktor 5 das Produktgas des zweiten Reaktors 14 und $0,1 \text{ Nm}^3$ Wasserdampf pro kg Kohle zugeführt. Der Druck beträgt 30 bar.

Die Analyse des Gases, das in einer Menge von $4,2 \text{ Nm}^3/\text{kg}$ Kohle die Anlage durch die Leitung 12 mit einer Temperatur von 950°C verläßt, lautet, trocken gerechnet:

CO_2	8,6 Vol. %
CO	22,2 "
H_2	7,6 "
CH_4	7,5 "
N_2	54,06 "
HCl	0,02 "
H_2S	0,02 "

Dieses weitgehend entschwefelte Gas wird, gegebenenfalls nach einer weiteren Staubentfernung, einem unter erhöhtem Druck betriebenen Dampfkessel als Brenngas zugeleitet.

Durch die Leitung 13 werden stündlich 14,7 t kohlenstoffhaltiger Rückstand zur zweiten Vergasungsstufe geleitet und dort mit 2,6 Nm³ Luft und 0,4 Nm³ Wasserdampf, bezogen auf 1 kg Kohle zum Reaktor 5, umgesetzt. Der Druck liegt bei 30 bar, die Temperatur bei 1200°C, das gesamte Produktgas dieser Stufe wird über den Zyklon 18 und die Leitungen 20 und 21 zurück zur ersten Vergasungsstufe geführt.

Die im Zyklon 18 stündlich anfallende Feststoffmenge von ca. 105 t wird - wie im ersten Beispiel - auf die Kühler 23 und 25 verteilt, wobei im Kühler 23 die Feststoffe auf ca. 1000°C abgekühlt werden, bevor sie in den Reaktor 14 gelangen.

Beispiel 3

In der Anlage gemäß der Zeichnung wird ein Synthesegas aus Braunkohle erzeugt, deren Analyse lautet

C	=	68,0 Gew. %
H	=	5,3 "
O	=	25,7 "
N	=	0,6 "
S	=	0,4 "

und die 5 % Asche sowie 8,0 % Feuchte enthält. Die Braunkohle wird pro kg dem Reaktor 5 mit 0,2 Nm³ CO₂ pneumatisch zugeführt. Außerdem treten in den Reaktor 5 durch die Leitung 21 das Produktgas der zweiten Vergasungsstufe 14 sowie 0,1 Nm³ Dampf/kg Kohle ein. Der Vergasungsdruck liegt bei 30 bar, die Temperatur im Reaktor 5 bei 1050°C.

Das die Anlage durch die Leitung 12 verlassende Gas in einer Menge von $2,46 \text{ Nm}^3$ pro kg Kohle hat, trocken gerechnet, folgende Zusammensetzung:

CO_2	30,47 Vol. %
CO	43,30 "
H_2	24,67 "
CH_4	1,18 "
N_2	0,26 "
H_2S	0,12 "

Es wird üblicherweise einer Abkühlung, Gasreinigung und Konditionierung unterworfen, bevor es der Synthese zugeleitet wird.

Der zweiten Vergasungsstufe 14 werden durch die Leitung 18 stündlich 3,7 t kohlenstoffhaltiger Rückstand zugeführt und dort pro kg Einsatzkohle mit $0,3 \text{ Nm}^3$ Wasserdampf und $0,74 \text{ Nm}^3$ Sauerstoff bei 1200°C und 30 bar vergast. Die im Zyklon 18 anfallende Feststoffmenge von 25 t/h wird - wie im Beispiel 1 - auf die Kühler 23 und 24 aufgeteilt, wobei die Temperaturabsenkung im Kühler 23 etwa 300°C beträgt.

214 971 - 14 -

11.12.1979

AP C 10 G/214 971

55 812/18

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zum Vergasen fester, feinkörniger Brennstoffe zur Erzeugung eines Wasserstoff, Kohlenoxide und Methan enthaltenden Produktgases in zwei miteinander verbundenen Vergasungsstufen mit mindestens einem der Vergasungsmittel Wasserdampf, Sauerstoff oder Kohlendioxid unter einem Druck im Bereich von 2 bis 150 bar und Temperaturen von 500 bis 1500 °C, gekennzeichnet dadurch, daß in der ersten Vergasungsstufe der Brennstoff in einer zirkulierenden Wirbelschicht mit Vergasungsmittel und Produktgas der zweiten Vergasungsstufe teilweise vergast und das Produktgas abgezogen und gereinigt wird, in der ersten Vergasungsstufe anfallender Feststoffrückstand der zweiten Vergasungsstufe aufgegeben und mit Sauerstoff enthaltendem Vergasungsmittel praktisch vollständig vergast und mindestens die Hälfte des Produktgases der zweiten Vergasungsstufe in die erste Vergasungsstufe als Wirbelmedium geleitet wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß auch die zweite Vergasungsstufe als zirkulierende Wirbelschicht betrieben wird.
3. Verfahren nach Punkt 1 oder 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Temperatur in der zweiten Vergasungsstufe unterhalb des Ascheschmelzpunktes liegt.
4. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Temperatur in der zweiten Vergasungsstufe oberhalb des Ascheschmelzpunktes liegt und die Vergasungsstufe vorzugsweise als Schmelzzyklon ausgestaltet ist.

214 971 - 15 -

11.12.1979

AP C 10 G/214 971

55 812/18

5. Verfahren nach Punkt 1 oder einem der folgenden, gekennzeichnet dadurch, daß der Druck in den Vergasungsstufen im Bereich von 5 bis 150 bar und vorzugsweise im Bereich von 10 bis 60 bar liegt.
6. Verfahren nach Punkt 1 oder einem der folgenden, gekennzeichnet dadurch, daß bei der Reinigung des Produktgases CO_2 entfernt und als Vergasungsmittel mitverwendet wird.
7. Verfahren nach Punkt 1 oder einem der folgenden, gekennzeichnet dadurch, daß der zweiten Vergasungsstufe neben dem Feststoffrückstand der ersten Stufe auch frischer Brennstoff aufgegeben wird.
8. Verfahren nach Punkt 1 oder einem der folgenden, gekennzeichnet dadurch, daß in der ersten und/oder zweiten Vergasungsstufe katalytisch wirksame, die Vergasung beschleunigende Substanzen zugegeben werden.
9. Verfahren nach Punkt 1 oder einem der folgenden, gekennzeichnet dadurch, daß die Temperatur in der ersten Vergasungsstufe bei 700 bis 1200 °C, vorzugsweise bei 800 bis 1100 °C, liegt.
10. Verfahren nach Punkt 1 oder einem der folgenden, gekennzeichnet dadurch, daß in der zweiten Vergasungsstufe eine höhere Temperatur als in der ersten Vergasungsstufe herrscht.
11. Verfahren nach Punkt 1 oder einem der folgenden, gekennzeichnet dadurch, daß die Brennstoffaufgabe in die

214 971 - 16 -

11.12.1979

AP C 10 G/214 971

55 812/18

Vergasungsstufe oder Vergasungsstufen so erfolgt, daß durch eine ausreichend lange Verweilzeit die Schwelprodukte des Brennstoffes praktisch vollständig bei der Vergasung umgesetzt werden.

12. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 10, gekennzeichnet dadurch, daß der Brennstoff in den oberen Bereich der ersten Vergasungsstufe aufgegeben und ein an Schwelprodukten reiches Produktgas abgezogen wird.
13. Verfahren nach Punkt 1 oder einem der folgenden, gekennzeichnet dadurch, daß das abgezogene Produktgas zur Konditionierung für nachfolgende Prozesse einer thermischen oder katalytischen Nachbehandlung unterzogen wird.
14. Verfahren nach Punkt 1 oder einem der folgenden, gekennzeichnet dadurch, daß das Produktgas als Ausgangsprodukt für die Erzeugung von Reduktionsgas für die direkte Reduzierung von Eisenerzen, für die Verwendung in kombinierten Gas-Dampfturbinen-Kraftwerken oder als Synthesegas verwendet wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

