(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 521321 A1 2019-12-15**

(12) Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 164/2018
(22) Anmeldetag: 07.06.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2019

(51) Int. Cl.: ***C10J 3/10*** (2006.01)
C10J 3/14 (2006.01)
C10J 3/16 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2009106357 A2
EP 0699651 A1
WO 2013005239 A1

(71) Patentanmelder:
GS Gruber-Schmidt GmbH
1180 Wien (AT)

(72) Erfinder:
Gruber-Schmidt Johann Dipl.Ing. Dr.
1180 Wien (AT)

(74) Vertreter:
Gruber-Schmidt Johann Dipl.Ing. Dr.
1180 Wien (AT)

AT 521321 A1 2019-12-15

(54) Bottom Cycle und Top Cycle Verfahren für die Erzeugung von Schwachgasen aus Reststoffen und Restgasen zur Erzeugung von Dimethylether

(57) Das erfindungsgemäße Verfahren umfassen die Kombination einer Vergasungsanlage (40) mit Doppelklappen (38,39) und einer Kohlendioxidspülung (75), einer Versorgung von Sauerstoff über eine PSA (16) mit Regelarmatur (17), der Zuführung von Kohlendioxid (18) aus einem Tank(19) über eine Pumpe (20), mit Regelarmatur (21), einem Verdampfer (21), einem Überhitzer (26) und einer Regelarmatur (29) für den Eintrag, einer Wasserdampferzeuger (9), umfassend einen Wassertank (2), einer Pumpe (3), einer Regelarmatur (4), einem Verdampfer (9,5,6,7,8,9) mit Trommel (11), und Regler (30). Das Rohgas (41) wird über einen Zyklon (42) einer Gasreinigung (49) und dem Verdichter (51) zur Verfügung gestellt. Die Kohle wird über die Schnecke (45) rückgeführt, und mit der Schnecke (47) ausgetragen und der zweiten Vergasungsstufe zugeführt. Die zweite Vergasungsstufe (64) umfasst überhitztes Kohlendioxid (33) und Wasserdampf (34) in einem Düsenboden (60), den Eintrag der Reststoffe (54) über die Doppelklappe (55,56) und Eintragsschnecke (57), die Reinigung des Synthetischen Gases (65) über einen Zyklon (67), eine Gasreinigung (68) und Verwertung über einen Verdichter (72). Die Asche wird über eine Austragsschnecke (62) ausgetragen.

Die Erfindung umfasst eine externe Brennkammer (83} zur Verbrennung von Restgasen (78) zu Kohlendioxid und Wasserdampf für den Düsenboden (60) und die Einbringung externer Restgase (112) über einen Verdichter (85), eine Regelarmatur (86) einen Überhitzer (88) in den Düsenboden (90) des Reaktors (64).

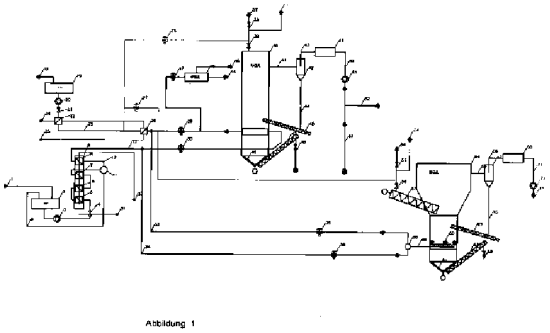

Abbildung 1

Zusammenfassung

Das erfindungsgemäße Verfahren umfassen die Kombination einer Vergasungsanlage (40) mit Doppelklappen (38,39) und einer Kohlendioxidspülung (75), einer Versorgung von Sauerstoff über eine PSA (16) mit Regelarmatur (17), der Zuführung von Kohlendioxid (18) aus einem Tank(19) über eine Pumpe(20), mit Regelarmatur (21), einem Verdampfer (21), einem Überhitzer (26) und einer Regelarmatur(29) für den Eintrag, einer Wasserdampferzeuger (9), umfassend einen Wassertank(2), einer Pumpe(3), einer Regelarmatur(4), einem Verdampfer (9,5,6,7,8,9) mit Trommel (11), und Regler (30). Das Rohgas (41) wird über einen Zyklon (42) einer Gasreinigung (49) und dem Verdichter (51) zur Verfügung gestellt. Die Kohle wird über die Schnecke (45) rückgeführt, und mit der Schnecke (47) ausgetragen und der zweiten Vergasungsstufe zugeführt. Die zweite Vergasungsstufe (64) umfasst überhitztes Kohlendioxid (33) und Wasserdampf (34) in einem Düsenboden (60), den Eintrag der Reststoffe (54) über die Doppelklappe (55,56) und Eintragsschnecke (57), die Reinigung des Synthetischen Gases (65) über einen Zyklon (67), eine Gasreinigung (68) und Verwertung über einen Verdichter (72). Die Asche wird über eine Austragsschnecke (62) ausgetragen. Die Erfindung umfasst eine externe Brennkammer (83) zur Verbrennung von Restgasen (78) zu Kohlendioxid und Wasserdampf für den Düsenboden (60) und die Einbringung externer Restgase (112) über einen Verdichter (85), eine Regelarmatur (86) einen Überhitzer (88) in den Düsenboden (90) des Reaktors (64).

Bottom Cycle und Top Cycle Verfahren für die Erzeugung von Schwachgasen aus Reststoffen und Restgasen zur Erzeugung von Dimethylether

Das erfindungsgemäße Verfahren umfassend die Kombination einer Festbettvergasungsanlage (VGA) (40) mit Doppelklappen (38,39) und einer Kohlendioxidspülung (75), einer Versorgung von Sauerstoff über eine Druckwechseladsorption (PSA) (16) mit Regelarmatur (17), der Zuführung von Kohlendioxid (18) aus einem Tank(19) über eine Pumpe(20), mit Regelarmatur (21), einem Verdampfer (21), einem Überhitzer (26) und einer Regelarmatur(29) für den Eintrag in die Oxidationszone des Reaktor(40), umfassend einen Wasserdampferzeuger (9), mit einen Wassertank(2), einer Pumpe(3), einer Regelarmatur(4), einem Verdampfer (9,5,6,7,8,9) mit Trommel (11), und Regler (30). Das Rohgas (41) wird über einen Zyklon (42) einer Gasreinigung (49) und dem Verdichter (51) zur Verfügung gestellt. Die Kohle (44) wird über die Schnecke (45) rückgeführt, und mit der Schnecke (47) aus dem Reaktor (40) ausgetragen und der zweiten Vergasungsstufe (SGA) (64) zugeführt. Die zweite Vergasungsstufe (64) umfasst überhitztes Kohlendioxid (33) und Wasserdampf (34) eingebracht über einen Düsenboden (60), den Eintrag der Reststoffe (54) über die Doppelklappe (55,56) und Eintragsschnecke (57), die Reinigung des Synthetischen Gases (65) über einen Zyklon (67), eine Gasreinigung (68) und das Ansaugen und Verdichten über einen Verdichter (72). Die Asche wird über eine Austragsschnecke (62) ausgetragen. Die Erfindung umfasst eine externe Brennkammer (83) zur Verbrennung von Restgasen (78) und des in der ersten Vergasungsstufe (VGA) (40) erzeugten Schwachgases (52) zu Kohlendioxid und Wasserdampf, der über den Düsenboden (60) in die zweite Vergasungsstufe (SGA) (64) eingebracht wird und die Einbringung externer kohlenwasserstoffhaltiger Restgase (112) über einen Verdichter (85), eine Regelarmatur (86) einen Überhitzer (88) in den Düsenboden (90) des Reaktors (64).
Die Erfindung umfasst, die Umwandlung des hochwertigen Schwachgas zu Dimethylether und die Nutzung des Offgases (110) aus dem Dimethyletherprozess (106) in der Brennkammer (83) zur Erzeugung von Kohlendioxid und Wasserdampf und nutzbarer Abwärme aus dem Abgas für den Vergasungsprozess (SGA) (64).

Reststoffe entstehen in verschiedenen Produktionsprozessen, in der Landwirtschaft, im Handel, in der Bauwirtschaft, Waldwirtschaft und bei Herstellungsprozessen. Reststoffe entstehen auch, wenn Produkte aus der Nutzung zum Abfall übergeführt werden. Im Zuge des Recyclings fallen Stoffgruppen an, wie Metalle, Kunststoffe, Glase, Papiere, Holz und Holzstoffe, Stoffe, ... um die festen Bestandteile. Das Verbrennen von Reststoffen ist bekannt, führt zur Wärmegewinnung und mit einem Wirkungsgrad von ~ 22% zu einer Verstromung. Strom und Wärme aus Reststoffen sind jedoch als untergeordnete Energieformen zu bewerten, da eine geringe Wertschöpfung gegeben ist.

Mit den Reststoffen ist immer eine Behandlung der Stoffe verbunden. Die Stoffe kommen ja in der Regel nicht als reine sofort verwertbare und nutzbare Stoffe vor. Unter Behandlung versteht man das Sammeln, die Trennung mit mechanischen physikalischen Verfahren, sodass man Stoffe gewinnen kann, wobei die Form unterschiedlich sein kann. Man hat also durch die Behandlung nun Stoffströme gewonnen, die man in unterschiedlichen Verfahren

weiter verwerten kann. Wir konzentrieren uns nun auf jene Stoffströme der festen Phase, die mit einem hohen oxidierbaren Anteil versehen sind. Als Beispiel werden hier angeführt: Altholz, Papier, Folien und Pappe, Holz und Kunststoffe, Waldreststoffe, Gärrestfasern von Biogasanlagen.

Type	C	O	H	N	H2O				Hu
	%	%	%	%	%				kJ/kg
Altholz	45	36,37	5,63	0,376	20				18,9
Folien+Pappe	27,5	20,6	3,7	0,83	23,2				11,2
Waldrestholz	43	35,1	6,20	0,251	40,0				15,9
Schalen	42,2	33,2	5,12	1,38	10,0				16,8
Kerne	44,1	43,1	5,84	1,50	13,5				16,8
Kunststoffe	74,0	8,7	14,1	0,15	1,0				41,0
RDF	32,2	25,3	4,3	0,37	21,2				13,2

Tabelle 1: Beispielhafte elementare Zusammensetzung von Reststoffen

Neben festen Reststoffen (Tabelle 1) entstehen in vielen Prozessen auch gasförmige Reststoffe. Gasförmige Reststoffe sind biogene Gase aus Biogasanlagen, Deponiegase, Faulgase, Verkokungsgas, Hochofengas, Konvertergas, Restgase bei der Förderung von Ölen und Gasen, Shalegas. Die Restgase verfügen immer über eine unterschiedliche Zusammensetzung und damit in Form einer unterschiedlichen Dichte und Heizwert. In der nachfolgenden Tabelle sind einige dieser Restgase beispielhaft angeführt:

Type	CO	H2	CH4	CO2	H2O	CxHy	N2	H2S	Hu
	%	%	%	%	%	%	%	0	kJ/m³
Biogas	0	0	50	50	1	0	0	0	5,0
Faulgas	0	0	40	50	1	0	0	10	4,0
Flaregas	0	5	30	20	1	14	30	0	6,5
Shalegas	0	10	60	13	2	15	0	0	8,1
Kokereigas	30	35	20	10	2	3	0	0	3,8

Tabelle 2: Bespielhafte Zusammensetzung von Restgasen

Schlämme und flüssige Reststoffe werden in der weiteren Folge nicht unmittelbar betrachtet und behandelt, da die Verfahren der Vergasung und Pyrolyse nicht unmittelbar direkt zugänglich sind. Allerdings haben Schlämme und organische Reststoffe mit hohem Anteil an Wasser die Eigenschaft, dass diese unter anaeroben Bedingungen ausfaulen und entweder Faulgase oder Biogas bilden. Diese Restgase (Tabelle 2) kann man mit dieser Erfindung in großer Effizienz in der zweiten Vergasungsstufe zu Synthetischem Gas reformieren.

Das Verfahren der Vergasung ist bekannt. Unter Vergasung versteht man Umwandlung von Stoffen in ein Schwachgas mit geringem Heizwert und der aus den Stoffen durch die Vergasung gewinnbare Kohlenstoffe im Form von Kohle. Die für die Vergasung notwendige Wärme wird entweder im Vergasungsprozess mit Hilfe des Substrates selber erzeugt, indem ein geringer Teil des Substrates verbrannt wird und die dabei entstandene Wärme für den Vergasungsprozess genutzt wird. Ein Spezialfall ist die Pyrolyse, ein Verfahren, bei dem die Wärme allotherm, also von außen zugeführt wird. Das Substrat wird auf eine Temperatur von 400°C bis 1000°C gebracht, wo dann der Verkohlungsprozess und der Vergasungsprozess stattfinden kann. Doch im praktischen Alltag hat sich die Pyrolyse nicht bewährt.

Die erfindungsgemäße Aufgabe besteht nun darin die unterschiedlichen festen und gasförmigen Reststoffe in einer Vergasungsanlage zu verwerten, sodass der Aufwand und

der Energieeinsatz gering ist, eine Trennung in minderwertige und hochwertige Stoffströme durch den Verwertungsprozess möglich ist, durch zwei kombinierte Prozesse die Verwertung der minderwertigen festen Stoffe bei hohen Temperaturen zu den Stoffen Kohlenstoff, Asche und Schwachgas ermöglicht wird und eine Umwandlung der hochwertigen heterogenen Stoffe und Restgase zu hochwertigen energiereichen Schwachgasen ermöglicht wird, und so die Ausbeute und Verwertung von Restgasen, Reststoffen zu dem höherwertigen flüssigen Stoff Dimethylether ermöglicht wird. („waste to liquid"). Dabei soll auch das Prinzip der „Zero Emission" zur Anwendung kommen.

Das in dem Patent **EP 2 291 492 B1** dargestellte Verfahren kombiniert das Verfahren einer teilweisen Niedertemperaturpyrolyse in Form eines Drehrohrrofens und einer geringfügigen Wasserstofferzeugung aus dem Kohle Aschegemisch. Das Pyrolysegas aus dem unterstöchiometrisch betriebenen Drehrohrofen führt einem Pyrolsegas, das mit Luft verbrannt wird. Mit der Abwärme aus Der Verbrennung des Pyrolysegases wird Wasserdampf erzeugt und das Kohle Aschgemisch zu Kohlendioxid und Wasserstoff reduziert (Wassergas Reaktion). Der Nachteil dieser Erfindung ist die Pyrolyse, weil diese nur teilweise stattfindet, und es keine Zeo Emission Anlage ist, wie die hier vorliegende Erfindung, es geht nur darum den Kohlenstoff zu verwerten, damit dieser nicht vollständig als Abfall anfällt.

Das in dem Patent **WO 2016 / 169661 A1** dargestellte Verfahren stellt eine Kombination einer Festbettvergasung von Steinkohle dar, wobei die Feinanteile der Steinkohle mit der Abwärme aus dem Vergasungsprozess in einem Pyrolyseverfahren zu Pyrolyseöl und Teer verwertet wird. Der Nachteil ist die Nutzung von Pyrolyse Öl und Teer, die man nicht statt Erdöl verwenden und einsetzen kann, zudem hochgradig toxisch sind und ebenfalls keine Zero Emission ermöglichen.

Das in dem Patent **US 2018 / 0023 003 A1** dargestellte Verfahren beschreibt eine Kombination aus Vergasung und hydrothermaler Verflüssigung von Biomasse, zu einem synthetischen Gas und einem Bio Öl. Der Nachteil dieses Verfahrens ist die Erzeugung von Bio Öl, das nicht als Ersatz für Biodiesel oder Erdöl angesehen werden kann. Die Verbrennung dieses mit Teer angereicherten Bio Öls führt zu hoch toxischen Rückständen und anlagentechnischen hohen Aufwendungen.

Das hier dargestellt erfindungsgemäße Verfahren nutzt die unterschiedlichen Eigenschaften der Reststoffe (37, 54) und der Restgase (112,78) aus. Um Reststoffe einfach und effizient verwerten zu können, werden diese aufbereitet. Die Aufbereitung umfasst das Sortieren, Schreddern, das Trocknen auf einen Wassergehalt < 10%. Entweder ist die Stückigkeit so groß, dass man die die so aufbereiteten Reststoffe direkt dem Vergasungsverfahren zugeführt werden können, oder man zerkleinert diese so weit, dass es sich nun um Späne handelt, die verpresset werden können. Unter Verpressen versteht man Pellets mit einem Durchmesser von d~ 25mm und einer Länge L~ 50mm und einer Dichte von ρ~ 650 kg/m³. Diese Pellets sind auch als Industriepellets bekannt. Diese groben Pellets kann man in einem klassischen Vergasungsreaktor (40) in einem Gleichstromverfahren oder Gegenstromverfahren verwerten. Die Pellets haben den Vorteil der hohen Dichte (ρ~ 650 kg/m³) und durch die grobe Stückigkeit ist die Porösität der Schüttung sehr groß, sodass mit geringen Saugdrücken, das Gas zwischen den Pellets herausgesaugt werden kann. Die Porösität, auch Gasdurchlässigkeit, ist für die Funktion des Reaktors (40) von besonderer

Wichtigkeit. Da die Verweilzeit des Substrates im Reaktor oft sehr kurz ist, hat der Wassergehalt der Pellets in der Größenordnung von 10% zu sein.

Das Verfahren der Vergasung ist bekannt, trotzdem wird darauf hingewiesen, dass der Vorteil dieses Verfahrens die Erzeugung der Wärme, damit der Verkohlungsprozess und Ausgasungsprozess stattfinden kann, im Reaktor aus dem Substrat selber erzeugt werden kann. Darin unterscheidet sich der Vergasungsprozess zu dem Pyrolyseprozess. Bei der Pyrolyse wird die Wärme extern erzeugt und so dem Reaktor in unterschiedlichen Phasen zugeführt. Als Beispiel sei der bekannte „Lurgi-Prozess" zur Schnellentgasung von Steinkohlen angeführt. Bei diesem Verfahren wird Sand als Wärmeträger verwendet. Der erhebliche Nachteil ist das Gemisch aus Sand und Kohle, das man am Ende des Prozesses erhält. Die Trennung des Kohle Sand Gemisches ist ein erheblicher Aufwand und stellt bei Kleinanlagen einen erheblichen Nachteil dar. Eine andere Möglichkeit sind Keramikkugeln, wie diese im „BioLique-Verfahren" verwendet werden. Durch die Kugeln ist die Trennung des Kohle Kugelgemisches schon einfacher, denn man kann das Verfahren des Siebens verwenden und so die Kugeln von der Kohle trennen. Allerdings kann diese Trennung nur dann erfolgen, wenn man das Kohle Kugelgemisch mit einem Mahlprozess in unterschiedliche Stückigkeiten aufbereitet.

Ein weiterer Nachteil ist der Umstand, dass weder durch Sand, noch durch Kugeln, die Temperaturen im Pyrolyseprozess größer als 500°C treiben kann. Sobald man bewegte mechanische Komponenten wie eine rotierende Schnecke, oder ein Drehrohrofen hat, ist man auf die Wärmefestigkeit der metallischen, eingesetzten und bewegten Komponenten beschränkt. Selbst Verbundwerkstoffe aus Keramik und Metall stellen da keine brauchbare Lösung dar, die dem harten Betrieb und Verschleiß standhält.

Aus dem Vergasungsprozess ergibt sich einerseits in Kohle Aschengemisch, wobei Asche aus inerten Bestandteilen besteht, wie Carbonate, Nitrate und Oxide von Metallen. Der Anteil von Kohle und Asche beträgt zwischen 10% bis 40% Massenanteil an Asche, der Rest ist Kohlenstoff in Form von Kohlepartikel.

Type	C	O	N	H	Metalle	K/A		H2O	Hu
	%	%	%	%				%	kJ/kg
Kohle	83,1	7,9	0,4	8,0	0	100%		1	33,0
Asche	K2CO3	Na2CO3	SiO2	...	MeO2	100%		1	0
Kohle/Asche	74,79	7,11	0,36	7,2		90%10%		1	28,7
Kohle/Asche	49,86	4,74	0,24	4,8		60%40%		1	19,8

Tabelle 3: Beispielhafte Zusammensetzung von Reststoff Kohle und Asche

Ein weiterer Nachteil der einfachen Vergasungsverfahren, die oftmals anstelle von Biomassekessel eingesetzt werden, ist der Anteil an Kohle / Asche Gemisch. Die weitere Nutzbarkeit ist in der Regel nicht gegeben, der Betreiber dieser Anlagen kann diesen Reststoff nur entsorgen.

Die Erfindung nutzt nun die Möglichkeit der Verwertung der im Vergasungsprozess in einer weiteren Vergasungsstufe, in Form einer Dampfvergasung, einer Dampfreformierung und einer trockenen Reformierung. Diese Vergasungsstufe nutzt nun die Eigenschaften der Wassergas Reaktion (WGS = Wasserdampf Shift Reaktion) und der Generatorgas Reaktion („Bouduard Reaktion") aus.

$$C + H_2O \longrightarrow CO + H_2$$

$$C + CO_2 \longrightarrow 2CO$$

Um einen hohen Umsetzungsgrad zu erhalten muss das eingebrachte Substrat an Reststoffen (54) und Kohlenstoff nun gemahlen sein, um so eine große Oberfläche zu erhalten. Unter Mahlen versteht man eine Stückigkeit von d~ 1mm bis 5 mm, um eine große Oberfläche zu schaffen.

Die Erfindung nutzt das energetische Potenzial der Reststoffe wie Kohle (48) aus dem Vergasungsprozess (40), wie hochwertige gemahlene Reststoffe (54), Waldhackgut, Papier und Plastik, Altholz, Schalen, Fasern, Kerne, in einem zweiten Vergasungsprozess (64) auch als Dampfvergasung und Gasreformierung bekannt. Die Erfindung kombiniert die Dampfvergasung und die Gasreformierung wie in den folgenden chemischen Reaktionen dargestellt:

$$C + H_2O \longrightarrow CO + H_2$$
$$CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2$$
$$CH_4 + H_2O \longrightarrow CO + 3H_2$$
$$C + CO_2 \longrightarrow 2CO$$
$$CH_4 + CO_2 \longrightarrow 2CO + 2H_2$$

Das so erzeugte Schwachgas hat eine Zusammensetzung wie in der folgenden Tabelle dargestellt ist:

Type	CO	H_2	CO_2	CH_4	C_xH_y	H_2O	N_2		Hu
	%	%	%	%	%	%	ppm		kJ/m³
Syngas 1	1	60	20	1	3	10	100		10,14
Syngas 2	20	60	1	1	3	10	100		12,67
Syngas 3	40	40	10	1	3	6	100		12,65

Tabelle 4: Beispielhafte Zusammensetzung von synthetischen Gasen

Dabei unterscheidet man den Anteil an Kohlenstoff, Methan, Wasserdampf und Kohlendioxid die in den Reaktoren als Gas und Dampfanteile und Feststoffe, wie Kohlenstoff (C), eingebracht werden:

$$a\,CH_4 + bH_2O + cCO_2 + dC \longrightarrow xCO + yH_2$$

Type	a	b	c	d		x	y		
Syngas 1	0	x	0	x		0	x		
Syngas 2	0	x	0	x		x	x		
Syngas 3	x	x	x	x		x	x		

Tabelle 5: Zeigt die bespielhaften Kombinationen der in den Reaktor (64) eingebrachten Gas- und Dampfströme

Die Erfindung nutzt daher die Dampfvergasung nicht nur in Form des erzeugten Wasserdampfes, sondern auch in Form des eingedüsten Kohlendioxids und des eingedüsten Restgases bestehend aus Methan aus. Unter Restgasen sind jede Gase wie in der Tabelle 2 zu verstehen. Entscheidend ist der Methangehalt, da die Reformierung von Methan aus Wasserstoff erzeugt, dabei kann Methan mit Hilfe von Wasserdampf und mit Hilfe von Kohlendioxid reformiert werden.

Die Erfindung ermöglicht zudem die Verwertung unterschiedlicher geregelter (35,36) Volumenströme und Anteile an Wasserdampf, Kohlendioxid basierend auf der

Gaszusammensetzung der Restgase (Zusammensetzung in Methan, Wasserstoff, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid) (Tabelle 2), sowie den eingebrachten und benötigten Kohlenstoff (Tabelle 1, 3), um so eine entsprechende Zusammensetzung des so erzeugten Schwachgases zu erzeugen. Das Schwachgas (65) aus der zweiten Vergasungsstufe (SGA), oft auch als synthetisches Gas bezeichnet, kann somit für folgende Reaktionen aufbereitet werden:

1. Schritt

Methanolsynthese:

$$CO + 3H_2 \longrightarrow CH_3OH$$
$$2CH_3OH \longrightarrow CH_3OCH_3 + H_2O$$

2. Schritt

DME Synthese

$$2CH_3OH \longrightarrow CH_3OCH_3 + H_2O$$

Oder die direkte Dimethylether Synthese (1. Schritt und 2. Schritt in einem Schritt)

$$3CO + 3H_2 \longrightarrow CH_3OCH_3 + CO_2$$

Die Erfindung nutzt auch einen Teil des in der ersten Vergasungsstufe (40) erzeugten Schwachgases (52), umso die notwendige Wärme für die Wasserdampferzeugung zu erzeugen. Das geschieht in Form einer Brennkammer (83) unter Verwendung von künstlicher Luft bestehend aus Sauerstoff (77) und Kohlendioxid (76), um so das Schwachgas in der Brennkammer vollständig zu Kohlendioxid und Wasserdampf zu oxidieren.

Unter künstlicher Luft (Gasgemisch aus Sauerstoff und Kohlendioxid) versteht man erfindungsgemäß eine Gasmischung aus Sauerstoff und Kohlendioxid mit einem Stickstoffgehalt < 0.01% Volumenanteil. Der Stickstoffanteil stammt aus dem mittels der Druckwechseladsorption aus der Luft gewonnen Sauerstoff. Erfindungsgemäß wird für die Vergasung ein Volumenanteil von 10% an Sauerstoff benötigt, um die notwendige Wärme im Reaktor (VGA) (40) zu erzeugen. Durch die Verdünnung des Sauerstoffes mit Kohlendioxid ergibt sich die Möglichkeit der Reduktion des Stickstoffanteiles < 100 ppm (~ 0.01 Vol%). Mit diesem erfindungsgemäßen Verfahren kann man so die Notwendigkeit der Abtrennung von Stickstoff aus dem Schwachgas (73) der zweiten Vergasungsstufe(SGA) vermeiden.

Das so gewonnene heiße Abgas (84) aus der Brennkammer (83) bestehend aus Kohlendioxid und Wasserdampf wird in den zweiten Vergasungsreaktor (SGA) (64) über den Düsenboden (60) eingebracht. Der Vorteil besteht darin, dass die Vergasungstemperatur (64) von 500°C auf Temperaturen von 80°C bis 1200°C erhöht werden kann.

Erfindungsgemäß wird dabei in der Brennkammer (83) nicht die turbulente Verbrennung ausgenützt, sondern eine Oberflächenverbrennung. Um eine Oberflächenverbrennung, also eine Reaktion auf einer Oberfläche zur erreichen werden keramische Kugeln in der Brennkammer verwendet, die die erzeugte Wärme speichern. Die Brennkammer wird mit einer Temperatur von 1600°C betrieben. Neben dem Schwachgas das zu oxidieren ist, wie auch der Sauerstoff in die Brennkammer eingedüst. Durch die heiße Oberfläche findet die chemische Reaktion der Oxidation auf der Oberfläche statt. Die aus der chemischen

Reaktion entstehende Wärme dient einerseits dazu das Gas auf zu heizen und die keramischen Kugeln warm zu halten.

In einem Temperaturbereich von 1000°C bis 1200°C in dem Vergasungsreaktor (64) kann erfindungsgemäß nun zudem Biogase (112) und Restgase (112) hinzufügen, weil nun die chemische Reaktion der Reformierung von Methan und Kohlendioxid erfolgen kann:

$$CH_4 + CO_2 \longrightarrow 2CO + 2H_2$$

Ein weiterer erfindungsgemäßer Vorteil ist der sehr geringe Stickstoffgehalt in den in beiden Vergasungsstufen erzeugtem Schwachgasen. Der Stickstoffgehalt ist kleiner als < 100 ppm, sodass die Bildung von Stickoxiden NO, NO_2, bei Vorhandensein von Sauerstoff und einer Verdichtung des synthetischen Gases (73) auf einen Druck von 50 bar bis 100 bar, nahezu unterdrückt wird. Das hat den Vorteil, dass die es kaum Stickoxide (NO, NO_2) gibt, die bei der Methanolsynthese und bei der Dimethylethersynthese verwendeten Katalysatoren in deren Wirkung inhibitieren könnten. Als Katalysatoren für die Methanolsynthese und für die Dimethylethersynthese werden in der Regle Aluminiumoxide als Grundkörper mit Kupferoxid und Zinkoxid verwendet: Al2O3 – CuO – ZnO. Lagert sich Stickoxid in Form von NO und NO_2 an, dann ist der Katalysator in seiner Wirkung blockiert und die Methanolsynthese kann nicht stattfinden.

Die Anwendung dieser Erfindung ist durch die Kombination der beiden Vergasungsverfahren ermöglicht die Verwertung von minderwertigen Reststoffen in der ersten Vergasungsstufe und die Nutzung des Schwachgases zur Erzeugung Wasserdampf in der zweiten vergasungsstufe. Die erste Vergasungsstufe wird mit einer Reaktortemperatur von 1200°C bis 1600°C betrieben, und zudem das Schwachgas aus dem Reaktor herausgesaugt. Der Reaktor wird also im Unterdruck betrieben. Das hat den Vorteil, dass das Schwachgas im Betrieb nie aus dem Reaktor in die Umgebung gedrückt wird, wie beim Überdruckverfahren.

Die Verwertung des Kohlenstoffs aus der ersten Vergasungsstufe ergibt die Möglichkeit einer hocheffizienten Ausnutzung der festen und gasförmigen Reststoffe. Die Verwertung von gasförmigen Reststoffen bei einer Reaktortemperatur in der zweiten Reaktorstufe bedingt auch die Verfügbarkeit von Kohlenstoff Wasserdampf und Methan, sowie dem entsprechenden Anteil an Kohlendioxid.

Mit dieser erfindungsgemäßen verfahren steigert man die Vielfältigkeit in der Verwertung von Reststoffen. Zudem hat das Schwachgas einen sehr hohen Heizwert in einem Bereich von 2.5 kWh/m³ bis 4.0 kWh/m³. Dieser Heizwert ist um das 2.5 fache bis 4.0 fache höher als in der ersten Vergasungsstufe (VGA) (40).

Das erfindungsgemäße Verfahren beschränkt sich nicht nur auf organische feste Reststoffe, sondern kann auch auf synthetische feste Reststoffe angewendet werden, und durch die Kombination mit der zweiten Vergasungsstufe (SGA)(64) kann man neben den organischen biogenen Restgasen (Tabelle 2) auch synthetische Restgase (Tabelle 2)verwerten.

Die Leistung der Vergasungsstufe liegt in einem elektrischen Leistungsbereich von 250 kWh bis 1000 kWh, was einem Volumenstrom von 500 m³/h bis 2000 m³/h mit einem Heizwert von 1,0 kWh/m³ bis 1.5 kWh/m³ gegeben ist. In der zweiten Vergasungsstufe (SGA)(64) kann eine elektrische Leistung von 500 kWh bis 5000 kWh erreicht werden, was einem Volumenstrom vom 500 m³/h bis 5000 m³/h entspricht mit einem Heizwert des Gases von 2.5 kWh/m³ bis 4.0 kWh/m³.

Im folgenden Abschnitt wird auf den thermodynamischen Zusammenhang eingegangen: Für die Dampfvergasung wird Wasserdampf benötigt:

$$C + H_2O \longrightarrow CO + H_2$$

Damit ergibt sich folgende Massenbilanz: 1kg/h Kohlenstoff benötigt 1.5 kg/h Wasserdampf, bei einer Verdampfungsenthalpie von $h_v \sim 2560$ kJ/kg Wasser werden 1.35 kWh Wärme benötigt. Für die Aufheizung auf eine Temperatur wird 1.0 kWh Wärme benötigt also in Summer 2.35 kWh Wärme. Damit ergibt sich die Relation mit dem Schachgas aus der ersten Vergasungsstufe. Bei einem Heizwert von 1.0 kWh/m³ werden 2.35 m³/h benötigt, bei einem Heizwert von 1.5 kWh/m³ werden 1.6 m³/h benötigt.

Aus der Massenbilanz ergibt sich folgende Relation: 1kg/h Kohlenstoff ergeben sich 2kg/h Kohlenmonoxid und 0.16 kg/h Wasserstoff.

$$3CO + 3H_2 \longrightarrow CH_3OCH_3 + CO_2$$

Für die Erzeugung von Dimethylether(DME) ergibt sich folgende Relation: 1kg/h Kohlenmonoxid und 0.16kg/h Wasserstoff erzeugen 2 L/h DME und 1.22 kg/h Kohlendioxid.

Die Erfindung folgt zudem dem Prinzip der „Zero Emission", da die Abgase (4,114,115) aus der Brennkammer (83, 113) zu Kohlendioxid und Wasserdampf umgewandelt werden.

Die Erfindung hat zudem den Vorteil eines Upscaling von kleinen Produktionseinheiten an Dimethylether(DME) von 200L/h auf 5000L/h ohne erheblichen Apparate und Anlagenaufwand. Damit zeigt sich, dass diese Erfindung für die regionale dezentrale Erzeugung von „waste to liquid" geeignet ist.

Zeichen und Symbole

1 Wasser (Prozesswasser)
2 Wassertank
3 Pumpe für Prozesswasser
4 Regelarmatur (Prozesswasser)
5 Wärmetauscher (Economizer)
6 Wärmetauscher (Verdampfer 1)
7 Wärmetauscher (Verdampfer 2)
8 Wasser Kondensat – Rücklauf
9 Verdampfer Wasserdampf
10 Dampf – Wassergemisch
11 Dampftrommel – Sattdampf
12 Sattdampf Wasserdampf
13 Überhitzer Wasserdampf
14 Luft
15 Stickstoff (N_2)
16 Druckwechseladsorption zur Gewinnung von angereicherten Sauerstoff.
17 Regelarmatur für Sauerstoff(O_2)
18 flüssiges Kohlendioxid, das extern zugeführt wird.
19 Kohlendioxid Tank
20 Kohlendioxid Pumpe
21 Regelarmatur für Kohlendioxid
22 Verdampfer – Kohlendioxid
23 dampfförmiges Kohlendioxid
24 Heißgas Vorlauf
25 Heißgas Rücklauf
26 Überhitzer für Kohlendioxid
27 Regelarmatur Kohlendixoid
28 Regelarmatur Kohlendioxid
29 Regelarmatur Kohlendioxid
30 Regelarmatur Wasserdampf
31 Heißgas Vorlauf
32 Heißgas Rücklauf
33 Kohlendioxid für zweite Vergasungsstufe
34 Wasserdampf für zweite Vergasungsstufe
35 Regelarmatur Kohlendioxid
36 Regelarmatur Wasserdampf
37 Reststoffe erste Vergasungstufe (VGA)
38 Klappe 1 / Doppelklappe
39 Klappe 2 / Doppelklappe
40 Reaktor erste Vergasungsstufe (VGA)
41 Rohgas
42 Zyklon
43 Rohgas
44 Kohle aus Zyklon
45 Rückführschnecke
46 Gleichrichter
47 Kohle und Asche Austragsschnecke
48 Gasdichte Regelarmatur

49 Gasreinigung
50 Reingas
51 Verdichter
52 Reingas – externe Nutzung
53 Reingas für Strom und Wärmeerzeugung
54 Reststoffe zweite Vergasungsstufe (SGA)
55 Klappe 1
56 Klappe 2
57 Eintragsschnecke
58 Gas und Dampfmischer
59 Wasserdampf und Kohlendioxid
60 Düsenboden zweite Vergasungsstufe (SGA)
61 Gleichrichter
62 Austragsschnecke
63 Rückführschnecke
64 Reaktor
65 Rohgas
66 Rohgas aus Zyklon
67 Zyklon
68 Gasreinigung
69 gasdichte Armatur
70 Kohlenstoff aus Zyklon
71 Reingas
72 Verdichter
73 Reingas
74 Kohlendioxidspülung Füllklappen zweite Vergasungsstufe (SGA)
75 Kohlendioxidspülung Füllklappen erste Vergasungsstufe (VGA)
76 Kohlendioxid Regelarmatur
77 Kohlendioxid Regelarmatur
78 Restgase für die Brennkammer
79 Verdichter
80 Regelarmatur
81 Verdichter Schwachgas aus erster Vergasungsstufe (VGA)
82 Regelarmatur
83 Brennkammer
84 Abgas aus der Brennkammer
85 Verdichter Restgase
86 Regelarmatur Restgase
87 Restgase
88 Überhitzer Restgase
89 heisse Restgase
90 Düsenboden Restgase
91 Reingas für Dimethyletheranlage
92 Verdichter Stufe 1
93 Rückkühler
94 Verdichter Stufe 2
95 Rückkühler
96 Kondensator
97 Vorwärmer
98 Kohlendioxid Tank
99 Pumpe flüssiges Kohlendioxid
100 flüssiges Kohlendioxid

101 Syngas in Dimethylethersynthese
102 Methanolsynthese
103 Offgas
104 Wasser aus Methanolsynthese
105 Methanol Recycling
106 DME reaktor
107 Wasser aus DME Synthese
108 Dimethylether(DME)
109 Regelarmatur Offgas
110 Offgas
111 Wasser
112 Restgase (Kohlenwasserstoffreich)
113 Wasserdampf und Kohlendioxid
114 Verdichter
115 Regelarmatur
116 Brennkammer
117 Regelarmatur für Sauerstoff aus der Druckwechseladsorption(16)

Kurzzeichen

PSA Druckwechseladsorption: Zerlegung von Luft in Sauerstoff und Stickstoff
VGA Vergasung erste Stufe (Gleichstrom / Gegenstrom)
SGA Dampfvergasung, Gasrefomierung in der zweite Vergasungsstufe
CO2 Kohlendioxid
H2O Wasser / Wasserdampf
CH4 Methan
CO Kohlenmonoxid
H2 Wasserstoff
KWK Kraftwärme Koppelung

Abbildungen

Abbildung 1

Die Abbildung 1 zeigt die kombinierten Vergasungsstufen. Wasser (1) wird in einem Tank (2) gespeichert und über eine Pumpe (3) mit der Regelarmatur (4) dem Verdampfer (9) zugeführt. Der Verdampfer besteht aus einem Economizer (5), einem Sattdampferverdampf (6,7), einer Dampftrommel (11), einem Überhitzer (8), der mit dem Sattdampf (12) aus der Dampftrommel (11) befüllt wird, der überhitzte Dampf (13) wird über die Regelarmatur (30) dem Vergasungsreaktor (40) der ersten Stufe zugeführt. Der Wasserdampfverdampfer wird mit Heißgas (31) im Vorlauf versorgt und das abgekühlte Heißgas (32) im Rücklauf entnommen.

Neben Wasser (1) wird auch flüssiges Kohlendioxid (18) dem Kohlendioxidtank (19) zugeführt. Das flüssige Kohlendioxid wird über die Pumpe (20) und der Regelarmatur (21) dem Verdampfer (22) zugeführt, und in der Folge über den Überhitzer (26) und der Regelarmatur (29) dem Vergasungsreaktor (40) zugeführt.

Luft(14) wird angesaugt und in der Druckwechseladsorption (16) in Sauerstoff und Stickstoff aufgetrennt, der Stickstoff(N2) (15) an die Umgebung abgegeben, der Sauerersoff über die Regelarmatur (17) dem überhitzten Kohlendioxid zugeführt.

Um den Anteil an Stickstoffeintrag in den Vergasungsreaktor (40) gering zu halten, wird dampfförmiges Kohlendioxid (23) über die Regelarmatur (28) der Doppelklappe (38,39) zugeführt und vor der Befüllung des Reaktors (40) die Luft ausgespült.

Reststoff (37) wird über die Doppelklappe (38,39) dem Vergasungsreaktor (40) zugeführt, das Rohgas (41) wird über einen Zyklon (42) vom Kohlestaub gereinigt, das Rohgas (43) der Gasreinigung (49) zugeführt, das Reingas (50) über den Verdichter (51) für die weitere Verwertung (52,53) zur Verfügung gestellt. Der Kohlestaub (44) aus dem Zyklon (42) wird über die Rückführschnecke (45) dem Reaktor (40) zugeführt, das Kohle und Aschegemisch über den Gleichrichter (46) und der Austragsschnecke (47) mit gasdichter Armatur (48) der zweiten Vergasungsstufe (64) zugeführt.

Die zweite Vergasungsstufe (64) besteht aus einem Reaktor (64) mit einer Eintragsschnecke (57) für die Reststoffe (54) über eine Doppelklappe (55,56), die mit Kohlendioxid (74) über die Regelarmatur (27) gespült wird.

Heißes Kohlendioxid (33) wird über die Regelarmatur (35) dem Düsenboden (60) über den Gas- und Dampfmischer (58) in dem Wasserdampf und Kohlendioxid gemischt werden (59) zugeführt. Der überhitzte Wasserdampf (34) wird über die Regelarmatur (36) dem Gas und Dampfmischer (58) zugeführt.

Das Rohgas (65) aus dem Reaktor (64) wird über den Zyklon (67) geführt und das vom Staub befreite Rohgas (66) der Gasreinigung (68) zugeführt, das Reingas (71) über den Verdichter (72) der weiteren Verwendung als Syngas (73) zur Verfügung gestellt.

Die Asche im Reaktor (64) wird über den Gleichrichter (61), der Austragsschnecke (62) und der gasdichten Armatur (69) aus dem Reaktor (64) ausgetragen. Die aus dem Zyklon (67) gewonnene Kohle (70) wird über die Rückführschnecke (63) dem Reaktor (64) rückgeführt.

Abbildung 2

Die Abbildung 2 zeigt die kombinierten Vergasungsstufen. Wasser (1) wird in einem Tank (2) gespeichert und über eine Pumpe (3) mit der Regelarmatur (4) dem Verdampfer (9) zugeführt. Der Verdampfer besteht aus einem Economizer (5), einem Sattdampferverdampf (6,7), einer Dampftrommel (11), einem Überhitzer (8), der mit dem Sattdampf (12) aus der Dampftrommel (11) befüllt wird, der überhitzte Dampf (13) wird über die Regelarmatur (30) dem Vergasungsreaktor (40) der ersten Stufe zugeführt. Der Wasserdampfverdampfer wird mit Heißgas (31) im Vorlauf versorgt und das abgekühlte Heißgas (32) im Rücklauf entnommen.

Neben Wasser (1) wird auch flüssiges Kohlendioxid (18) dem Kohlendioxidtank (19) zugeführt. Das flüssige Kohlendioxid wird über die Pumpe (20) und der Regelarmatur (21) dem Verdampfer (22) zugeführt, und in der Folge über den Überhitzer (26) und der Regelarmatur (29) dem Vergasungsreaktor (40) zugeführt.

Luft(14) wird angesaugt und in der Druckwechseladsorption (16) in Sauerstoff und Stickstoff aufgetrennt, der Stickstoff(N2) (15) an die Umgebung abgegeben, der Sauerersoff über die Regelarmatur (17) dem überhitzten Kohlendioxid zugeführt.

Um den Anteil an Stickstoffeintrag in den Vergasungsreaktor (40) gering zu halten, wird dampfförmiges Kohlendioxid (23) über die Regelarmatur (28) der Doppelklappe (38,39) zugeführt und vor der Befüllung des Reaktors (40) die Luft ausgespült.

Reststoff (37) wird über die Doppelklappe (38,39) dem Vergasungsreaktor (40) zugeführt, das Rohgas (41) wird über einen Zyklon (42) vom Kohlestaub gereinigt, das Rohgas (43) der Gasreinigung (49) zugeführt, das Reingas (50) über den Verdichter (51) für die weitere Verwertung (52,53) zur Verfügung gestellt. Der Kohlestaub (44) aus dem Zyklon (42) wird über die Rückführschnecke (45) dem Reaktor (40) zugeführt, das Kohle und Aschegemisch über den Gleichrichter (46) und der Austragsschnecke (47) mit gasdichter Armatur (48) der zweiten Vergasungsstufe (64) zugeführt.

Die zweite Vergasungsstufe (64) besteht aus einem Reaktor (64) mit einer Eintragsschnecke (57) für die Reststoffe (54) über eine Doppelklappe (55,56), die mit Kohlendioxid (74) über die Regelarmatur (27) gespült wird.

Heißes Kohlendioxid (33) wird über die Regelarmatur (35) dem Düsenboden (60) über den Gas- und Dampfmischer (58) in dem Wasserdampf und Kohlendioxid gemischt werden (59) zugeführt. Der überhitzte Wasserdampf (34) wird über die Regelarmatur (36) dem Gas und Dampfmischer (58) zugeführt.

Das Rohgas (65) aus dem Reaktor (64) wird über den Zyklon (67) geführt und das vom Staub befreite Rohgas (66) der Gasreinigung (68) zugeführt, das Reingas (71) über den Verdichter (72) der weiteren Verwendung als Syngas (73) zur Verfügung gestellt.

Die Asche im Reaktor (64) wird über den Gleichrichter (61), der Austragsschnecke (62) und der gasdichten Armatur (69) aus dem Reaktor (64) ausgetragen. Die aus dem Zyklon (67) gewonnene Kohle (70) wird über die Rückführschnecke (63) dem Reaktor (64) rückgeführt.

Das aus der ersten Vergasungsstufe (40) gewonne Reingas (52) wird über den Verdichter (61), einer Regelarmatur (62) der Brennkammer (63) zugeführt. In der Brennkammer (83) wird das Schwachgas (52) mit Sauerstoff über die Regelarmatur (77) und Kohlendioxid über

die Regelarmatur (76) zu Wasserdampf und Kohlendioxid (84) verbrannt und der Mischkammer (58) der zweiten Vergaserstufe zugeführt. In der Brennkammer (63) können auch externe Restgase (78) über den Verdichter (79) und der Regelarmatur (80) der Brennkammer (83) zugeführt werden.

Abbildung 3

Die Abbildung 3 zeigt die kombinierten Vergasungsstufen. Wasser (1) wird in einem Tank (2) gespeichert und über eine Pumpe (3) mit der Regelarmatur (4) dem Verdampfer (9) zugeführt. Der Verdampfer besteht aus einem Economizer (5), einem Sattdampferverdampf (6,7), einer Dampftrommel (11), einem Überhitzer (8), der mit dem Sattdampf (12) aus der Dampftrommel (11) befüllt wird, der überhitzte Dampf (13) wird über die Regelarmatur (30) dem Vergasungsreaktor (40) der ersten Stufe zugeführt. Der Wasserdampfverdampfer wird mit Heißgas (31) im Vorlauf versorgt und das abgekühlte Heißgas (32) im Rücklauf entnommen.

Neben Wasser (1) wird auch flüssiges Kohlendioxid (18) dem Kohlendioxidtank (19) zugeführt. Das flüssige Kohlendioxid wird über die Pumpe (20) und der Regelarmatur (21) dem Verdampfer (22) zugeführt, und in der Folge über den Überhitzer (26) und der Regelarmatur (29) dem Vergasungsreaktor (40) zugeführt.

Luft(14) wird angesaugt und in der Druckwechseladsorption (16) in Sauerstoff und Stickstoff aufgetrennt, der Stickstoff(N2) (15) an die Umgebung abgegeben, der Sauerersoff über die Regelarmatur (17) dem überhitzten Kohlendioxid zugeführt.

Um den Anteil an Stickstoffeintrag in den Vergasungsreaktor (40) gering zu halten, wird dampfförmiges Kohlendioxid (23) über die Regelarmatur (28) der Doppelklappe (38,39) zugeführt und vor der Befüllung des Reaktors (40) die Luft ausgespült.

Reststoff (37) wird über die Doppelklappe (38,39) dem Vergasungsreaktor (40) zugeführt, das Rohgas (41) wird über einen Zyklon (42) vom Kohlestaub gereinigt, das Rohgas (43) der Gasreinigung (49) zugeführt, das Reingas (50) über den Verdichter (51) für die weitere Verwertung (52,53) zur Verfügung gestellt. Der Kohlestaub (44) aus dem Zyklon (42) wird über die Rückführschnecke (45) dem Reaktor (40) zugeführt, das Kohle und Aschegemisch über den Gleichrichter (46) und der Austragsschnecke (47) mit gasdichter Armatur (48) der zweiten Vergasungsstufe (64) zugeführt.

Die zweite Vergasungsstufe (64) besteht aus einem Reaktor (64) mit einer Eintragsschnecke (57) für die Reststoffe (54) über eine Doppelklappe (55,56), die mit Kohlendioxid (74) über die Regelarmatur (27) gespült wird.

Heißes Kohlendioxid (33) wird über die Regelarmatur (35) dem Düsenboden (60) über den Gas- und Dampfmischer (58) in dem Wasserdampf und Kohlendioxid gemischt werden (59) zugeführt. Der überhitzte Wasserdampf (34) wird über die Regelarmatur (36) dem Gas und Dampfmischer (58) zugeführt.

Das Rohgas (65) aus dem Reaktor (64) wird über den Zyklon (67) geführt und das vom Staub befreite Rohgas (66) der Gasreinigung (68) zugeführt, das Reingas (71) über den Verdichter (72) der weiteren Verwendung als Syngas (73) zur Verfügung gestellt.

Die Asche im Reaktor (64) wird über den Gleichrichter (61), der Austragsschnecke (62) und der gasdichten Armatur (69) aus dem Reaktor (64) ausgetragen. Die aus dem Zyklon (67) gewonnene Kohle (70) wird über die Rückführschnecke (63) dem Reaktor (64) rückgeführt.

Das aus der ersten Vergasungsstufe (40) gewonne Reingas (52) wird über den Verdichter (61), einer Regelarmatur (62) der Brennkammer (63) zugeführt. In der Brennkammer (83) wird das Schwachgas (52) mit Sauerstoff über die Regelarmatur (77) und Kohlendioxid über die Regelarmatur (76) zu Wasserdampf und Kohlendioxid (84) verbrannt und der Mischkammer (58) der zweiten Vergaserstufe zugeführt. In der Brennkammer (63) können auch externe Restgase (78) über den Verdichter (79) und der Regelarmatur (80) der Brennkammer (83) zugeführt werden.

Zusätzliche externe Restgase (112) werden über den Verdichter (85) und der Regelarmatur (86) einem Überhitzer (88) zugeführt, und die heißen Restgase (89) über den Düsenboden (90) in den Reaktor (64) eingetragen.

Abbildung 4

Die Abbildung 4 zeigt die kombinierten Vergasungsstufen. Wasser (1) wird in einem Tank (2) gespeichert und über eine Pumpe (3) mit der Regelarmatur (4) dem Verdampfer (9) zugeführt. Der Verdampfer besteht aus einem Economizer (5), einem Sattdampferverdampf (6,7), einer Dampftrommel (11), einem Überhitzer (8), der mit dem Sattdampf (12) aus der Dampftrommel (11) befüllt wird, der überhitzte Dampf (13) wird über die Regelarmatur (30) dem Vergasungsreaktor (40) der ersten Stufe zugeführt. Der Wasserdampfverdampfer wird mit Heißgas (31) im Vorlauf versorgt und das abgekühlte Heißgas (32) im Rücklauf entnommen.

Neben Wasser (1) wird auch flüssiges Kohlendioxid (18) dem Kohlendioxidtank (19) zugeführt. Das flüssige Kohlendioxid wird über die Pumpe (20) und der Regelarmatur (21) dem Verdampfer (22) zugeführt, und in der Folge über den Überhitzer (26) und der Regelarmatur (29) dem Vergasungsreaktor (40) zugeführt.

Luft(14) wird angesaugt und in der Druckwechseladsorption (16) in Sauerstoff und Stickstoff aufgetrennt, der Stickstoff(N2) (15) an die Umgebung abgegeben, der Sauerersoff über die Regelarmatur (17) dem überhitzten Kohlendioxid zugeführt.

Um den Anteil an Stickstoffeintrag in den Vergasungsreaktor (40) gering zu halten, wird dampfförmiges Kohlendioxid (23) über die Regelarmatur (28) der Doppelklappe (38,39) zugeführt und vor der Befüllung des Reaktors (40) die Luft ausgespült.

Reststoff (37) wird über die Doppelklappe (38,39) dem Vergasungsreaktor (40) zugeführt, das Rohgas (41) wird über einen Zyklon (42) vom Kohlestaub gereinigt, das Rohgas (43) der Gasreinigung (49) zugeführt, das Reingas (50) über den Verdichter (51) für die weitere Verwertung (52,53) zur Verfügung gestellt. Der Kohlestaub (44) aus dem Zyklon (42) wird über die Rückführschnecke (45) dem Reaktor (40) zugeführt, das Kohle und Aschegemisch über den Gleichrichter (46) und der Austragsschnecke (47) mit gasdichter Armatur (48) der zweiten Vergasungsstufe (64) zugeführt.

Die zweite Vergasungsstufe (64) besteht aus einem Reaktor (64) mit einer Eintragsschnecke (57) für die Reststoffe (54) über eine Doppelklappe (55,56), die mit Kohlendioxid (74) über die Regelarmatur (27) gespült wird.

Heißes Kohlendioxid (33) wird über die Regelarmatur (35) dem Düsenboden (60) über den Gas- und Dampfmischer (58) in dem Wasserdampf und Kohlendioxid gemischt werden (59) zugeführt. Der überhitzte Wasserdampf (34) wird über die Regelarmatur (36) dem Gas und Dampfmischer (58) zugeführt.

Das Rohgas (65) aus dem Reaktor (64) wird über den Zyklon (67) geführt und das vom Staub befreite Rohgas (66) der Gasreinigung (68) zugeführt, das Reingas (71) über den Verdichter (72) der weiteren Verwendung als Syngas (73) zur Verfügung gestellt.

Die Asche im Reaktor (64) wird über den Gleichrichter (61), der Austragsschnecke (62) und der gasdichten Armatur (69) aus dem Reaktor (64) ausgetragen. Die aus dem Zyklon (67) gewonnene Kohle (70) wird über die Rückführschnecke (63) dem Reaktor (64) rückgeführt.

Das aus der ersten Vergasungsstufe (40) gewonne Reingas (52) wird über den Verdichter (61), einer Regelarmatur (62) der Brennkammer (63) zugeführt. In der Brennkammer (83) wird das Schwachgas (52) mit Sauerstoff über die Regelarmatur (77) und Kohlendioxid über die Regelarmatur (76) zu Wasserdampf und Kohlendioxid (84) verbrannt und der Mischkammer (58) der zweiten Vergaserstufe zugeführt. In der Brennkammer (63) können auch externe Restgase (78) über den Verdichter (79) und der Regelarmatur (80) der Brennkammer (83) zugeführt werden.

Die für den Verdampfer (9) notwendige Wärme in Form eines Heißgases wird aus der Verbrennung des Schwachgases (52) angesaugt über einen Verdichter (114) über eine Regelarmatur (115) in der Brennkammer (116) zu einem heißen Abgas aus Kohlendioxid und Wasserdampf verbrannt und als Gas- und Dampfgemisch (113) dann in die zweite Vergasungsstufe (64) über den Düsenboden (60) eingebracht.

Abbildung 5

Die Abbildung 5 zeigt die Verwertung des gereinigten synthetischen Gases (73) aus der zweiten Vergasungsstufe (64). Das synthetische Gas (91) wird der ersten Verdichterstufe (91) zugeführt, danach über den Rückkühler (93) der zweiten Verdichterstufe (94) zugeführt, über den Rückkühler (95) abgekühlt, über den Kondensator (96) wird Kohlendioxid in flüssiger Phase ausgeschieden und im Kohlendioxidtank(98) gespeichert, und über die Pumpe (99) als flüssiges Kohlendioxid (100) zur Verwertung zur Verfügung gestellt. Das verdichtete synthetische Gas wird über den Wärmetauscher (97) erwärmt (101) und der Methanolsynthese (102) zugeführt. Das aus der Methanolsynthese (102) gewonnene Offgas (110) wird über die Regelarmatur (109) zur Verfügung gestellt. Wasser (104) aus der Methanmolsynthese (102) und Wasser (107) aus der Dimethylethersynthese (106) wird dem Prozess als Prozesswasser (111) zur Verfügung gestellt. Aus der Dimethylethersynthese (106) wird Dimethylether (108) gewonnen. Das unverbrauchte Methanol (105) wird in der Methanolsynthese(102) recycelt.

Ansprüche

1. Das erfindungsgemäße Verfahren zur Kombination von Vergasungsverfahren, umfassend einen Reaktor(40), eine Doppelklappe(38,39), einen Zyklon(42), eine Rückführschnecke(45), eine Austragsschnecke(47), eine Druckwechseladsorption(16) und eine Regelarmatur(17), einen Reaktor(54), mit einem Düsenboden(60), mit einem Zyklon(67), mit einer Rückführschnecke(63), mit einer Austragschnecke(62), mit einem Kohlendioxidtank(19) mit zugehöriger Pumpe(20), Regelarmatur(21), mit Verdampfer(22), mit einem Überhitzer(26), mit einem Wassertank(2), mit einer zugehörigen Pumpe(3), mit einer Regelarmatur(4), einem Verdampfer (9), die Regelarmaturen (29,30), die Regelarmaturen (35,36)

Gekennzeichnet dadurch, dass

- Reststoffe(37) über eine Doppelklappe(38,39) in den Reaktor(40) eingebracht wird
- Unter Reststoffe (37) Altholz, Kunststoff, Papier, Plastikfolien, Schalen und Kerne verstanden, die eine Stückigkeit mit einem Durchmesser minimal 15 mm, maximal 50 mm, bevorzugt 25 mm aufweisen, mit einer Länge minimal 25 mm, maximal 80mm, bevorzugt 50 mm aufweisen,
- Der Wassergehalt der Reststoffe (37) minimal 5% , maximal 15%, bevorzugt 15% beträgt,

- Der Reaktor (40) nach dem Gleichstromprinzip oder Gegenstromprinzip als Festbettreaktor arbeitet
- Der Reaktor (40) im Unterdruck betrieben wird, und einen Druck minimal 0.4 bar , maximal 0.95 bar, bevorzugt 0.8 bar aufweist
- Das Rohgas (43) aus dem Reaktor (40) aus dem Reaktor (40) mit einem hydraulisch angetriebenen Kolbenverdichter herausgesaugt wird,
- Der Volumenstrom des Rohgases(41) minimal 500 m³/h, maximal 2500 m³/h, bevorzugt 2000 m³/h beträgt

- Die notwendige Wärme im Reaktor (40) durch eine unterstöchiometrischen Verbrennung mit Sauerstoff aus einer Druckwechseladsorption (16) erfolgt und ein Luftmassen zu Reststoffmasse Massenverhältnis von minimal 0.1, maximal 0.8, bevorzugt 0.25 aufweist
- Die Temperatur im Reaktor (40) in der Oxidationszone minimal 800°C, maximal 1600°C, bevorzugt 1200°C hat

- Das Rohgas aus dem Reaktor (40) über einen Zyklon (42) geleitet wird, und so der ausgetragene Kohleanteil um minimal 50%, maximal 98%, bevorzugt 90% reduziert wird,
- Die aus dem Zyklon anfallende Kohle über eine Rückführschnecke (45) dem Reaktor (40) mit einem Volumenstrom minimal von 0.1 m³/h, maximal 10 m³/h rückgeführt wird

- Kohlendioxid (16) aus einem Kohlendioxidtank(19) mit einer Pumpe (20) über eine Regelarmatur (21) in einem Verdampfer (22) und einem Überhitzer(26) und einer Regelarmatur (29) in die Oxidationszone des Reaktors (40) eingebracht wird
- Der Druck des eingebrachten Kohlendioxids minimal 0.9 bar, maximal 1,5 bar bevorzugt 1.1 bar beträgt

- Die Temperatur des eingebrachten Kohlendioxids minimal 100°C, maximal 600°C, bevorzugt 400°C beträgt
- Der Volumenstrom des eingebrachten Kohlendioxids minimal 1 m³/h, maximal 500 m³/h, bevorzugt 100 m³/h beträgt

- Wasser (1) aus einem Wassertank(2) mit einer Pumpe (3) über eine Regelarmatur (4) in einem Verdampfer (9) und einem Überhitzer(8) und einer Regelarmatur (30) in die Oxidationszone des Reaktors (40) eingebracht wird
- Der Druck des eingebrachten Wasserdampfes minimal 0.9 bar, maximal 1,5 bar bevorzugt 1.1 bar beträgt
- Die Temperatur des eingebrachten Wasserdampfes minimal 120°C, maximal 600°C, bevorzugt 400°C beträgt
- Der Volumenstrom des eingebrachten Wasserdampfes minimal 1 m³/h, maximal 500 m³/h, bevorzugt 100 m³/h beträgt

- Reststoffe(54) über eine Doppelklappe(55,56) in den Reaktor(64) eingebracht wird
- Unter Reststoffe (54) Altholz, Kunststoff, Papier, Plastikfolien, Schalen und Kerne verstanden, die eine Stückigkeit mit einem Durchmesser minimal 1 mm, maximal 10 mm, bevorzugt 5 mm aufweisen, mit einer Länge minimal 5 mm, maximal 20mm, bevorzugt 10 mm aufweisen,
- Der Wassergehalt der Reststoffe (54) minimal 5% , maximal 15%, bevorzugt 15% beträgt,
- Neben Reststoffen (54) auch ein Kohle Asche Gemisch über die Doppelklappen (55,56) eingetragen werden, wobei der Kohlenstoffgehalt minimal 60%, maximal 100%, bevorzugt 90% beträgt

- Der Reaktor (64) nach dem Gegenstromprinzip als Festbettreaktor arbeitet
- Der Reaktor (64) im Unterdruck betrieben wird, und einen Druck minimal 0.4 bar , maximal 0.95 bar, bevorzugt 0.8 bar aufweist
- Das Rohgas (65) aus dem Reaktor (64) mit einem hydraulisch angetriebenen Kolbenverdichter(72) herausgesaugt wird,
- Der Volumenstrom des Rohgases(65) minimal 500 m³/h, maximal 10000 m³/h, bevorzugt 2500 m³/h beträgt

- Die notwendige Wärme im Reaktor (64) durch das heiße Abgas (84) aus der Brennkammer (83) und durch das heiße Kohlendioxid (33) und den heißen Wasserdampf (34) über den Düsenboden (60) eingebracht wird
- Das Abgas (84) aus der Brennkammer eine Temperatur von minimal 600°C, maximal 1200°C, bevorzugt 1000°C hat
- Das Kohlendioxid (33) eine Temperatur von minimal 200°C, maximal 600°C, bevorzugt 400°C beträgt,
- Der Wasserdampf (34) eine Temperatur von minimal 200°C, maximal 600°C, bevorzugt 400°C beträgt,
- Die Temperatur im Reaktor (64) in der Düsenzone (60) minimal 800°C, maximal 1600°C, bevorzugt 1000°C hat

- Das Rohgas (65) aus dem Reaktor (64) über einen Zyklon (67) geleitet wird, und so der ausgetragene Kohleanteil um minimal 50%, maximal 98%, bevorzugt 90% reduziert wird,
- Die aus dem Zyklon (67) anfallende Kohle über eine gasdichte Rückführschnecke (63) dem Reaktor (64) mit einem Volumenstrom minimal von 0.1 m³/h, maximal von 10 m³/h rückgeführt wird,

- Die für den Verdampfer (9) notwendige Wärme extern über einen Heißgasvorlauf (31) und einen Heißgasrücklauf (32) zur Verfügung gestellt wird
- Die Temperatur des Heißgases (32) im Vorlauf minimal 600°C, maximal 1600°C und bevorzugt 1200°C beträgt

- Die für den Verdampfer (22) und den Überhitzer(26) des Kohlendioxides(23) notwendige Wärme extern über einen Heißgasvorlauf (25) und einen Heißgasrücklauf (24) zur Verfügung gestellt wird
- Die Temperatur des Heißgases (25) im Vorlauf minimal 600°C, maximal 1000°C und bevorzugt 800°C beträgt

2. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend eine Brennkammer(83), einen Verdichter(81), mit einer Regelarmatur(82), mit einer Regelarmatur (77), mit einer Regelarmatur (76),

gekennzeichnet dadurch, dass

- Ein Teil des in mit dem Reaktor (40) erzeugten Schwachgases (52) in die Brennkammer (83) eingebracht wird
- Über den hydraulisch angetriebenen Kolbenverdichter(81), das Schwachgas (52) angesaugt werden und auf jenen Druck verdichtet wird, damit dieses in die Brennkammer (83) eingedüst werden kann.
- Der Volumenstrom des Schwachgases (52) mit der Regelarmatur (82) minimal 1 m^3/h, maximal 500 m^3/h, bevorzugt, 100 m^3/h geregelt werden kann
- Das Schwachgas (52) zusammen mit Sauerstoff(77) aus der Druckwechseladsorptionsanlage(16) vollständig zu Kohlendioxid und Wasserdampf oxidiert wird
- Neben dem Schwachgas(52) auch Kohlendioxid(23) über die Regelarmatur(76) in die Brennkammer (83) eingebracht werden kann.
- Der Volumenstrom an Kohlendioxid in die Brennkammer (83) minimal 1m^3/h, maximal 500 m^3/h, bevorzugt 100 m^3/h beträgt,
- Die Temperatur des Abgases(84) aus der Brennkammer (83) minimal 400°C, maximal 1600°C, bevorzugt 1000°C beträgt
- Die Oxidation in der Brennkammer (83) an der Oberfläche von Kugeln erfolgt, die einen minimalen Durchmesser 10 mm, maximal 50 mm, bevorzugt 25 mm haben
- Die Kugeln in der Brennkammer aus Keramik Zirkoniumoxid($ZrO2$) bestehen, sodass diese die Temperaturen speichern und Wärme an die eingeleiteten Gasströme abgeben können,

3. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend eine Brennkammer(116), einen Verdichter(114), mit einer Regelarmatur(115), mit einer Regelarmatur (117),

gekennzeichnet dadurch, dass

- Ein Teil des in mit dem Reaktor (40) erzeugten Schwachgases (52) in die Brennkammer (116) eingebracht wird
- Über den hydraulisch angetriebenen Kolbenverdichter (114), das Schwachgas (52) angesaugt wird und auf jenen Druck verdichtet werden, damit diese in die Brennkammer (116) eingedüst werden kann.
- Der Volumenstrom des Schwachgases (52) mit der Regelarmatur (82) minimal 1 m^3/h, maximal 500 m^3/h, bevorzugt, 100 m^3/h geregelt werden kann

- Das Schwachgas (52) zusammen mit Sauerstoff(117) aus der Druckwechseladsorptionsanlage(16) vollständig zu Kohlendioxid und Wasserdampf oxidiert (113) wird
- Die Temperatur des Abgases(31) für den Wasserverdampfer (9) aus der Brennkammer (116) minimal 400°C, maximal 1600°C, bevorzugt 1200°C beträgt
- Die Temperatur des Abgases(25) für den Überhitzer (26) von Kohlendioxid aus der Brennkammer (116) minimal 400°C, maximal 1600°C, bevorzugt 1200°C beträgt
- Die Oxidation in der Brennkammer (116) an der Oberfläche von Kugeln erfolgt, die einen minimalen Durchmesser 10 mm, maximal 50 mm, bevorzugt 25 mm haben
- Die Kugeln in der Brennkammer aus Keramik Zirkoniumoxid(ZrO2) bestehen, sodass diese die Temperaturen speichern und Wärme an die eingeleiteten Gasströme abgeben können,
- Das heiße Abgas(32) aus dem Wasserverdampfer (9) und das heiße Abgas (24) aus dem Kohlendioxidverdampfer(22) zusammen als Abgas (113) in den Düsenboden (60) des Reaktors (64) eingebracht wird

4. Verfahren nach Anspruch 2, umfassend einen Verdichter(79), mit einer zugehörigen Regelarmatur (80),

gekennzeichnet dadurch, dass

- Unter Restgasen(78) das Offgas(110) aus einem Dimethyletherprozess verstanden wird und einen Heizwert von minimal 0.1 kWh/m³, maximal 5 kWh/m³ aufweist
- Über den hydraulisch angetriebenen Kolbenverdichter(79), die Restgase (78) angesaugt werden und auf jenen Druck verdichtet werden, damit diese in die Brennkammer (83) eingedüst werden können.
- Die Restgase (78) über den Verdichter (79) auf einen Druck minimal von 1,05 bar, maximal 2,5 bar, bevorzugt 1,5 bar verdichtet werden
- Der Volumenstrom der Restgase (78) mit der Regelarmatur (80) minimal 1 m³/h, maximal 500 m³/h, bevorzugt, 100 m³/h geregelt werden kann

5. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend die Regelarmatur (27), die Regelarmatur (28),

gekennzeichnet dadurch, dass

- Die Regelarmatur (27) dazu dient, mit Kohlendioxid den Füllraum der Doppelklappe(38,39) des Reaktor (40) zu spülen
- Mit der Spülung des Füllvolumens der Doppelklappe(38,39) die Luft gegen Kohlendioxid ausgetauscht wird
- Durch das Kohlendioxid im Füllraum der Doppelklappe (38,39) der Sauerstoffeintrag in den Reaktor (40) minimiert wird
- Durch das Kohlendioxid im Füllraum der Doppelklappe (38,39) der Stickstoffeintrag in den Reaktor (40) minimiert wird

- Die Regelarmatur (28) dazu dient, mit Kohlendioxid den Füllraum der Doppelklappe(55,56) des Reaktor (64) zu spülen
- Mit der Spülung des Füllvolumens der Doppelklappe(55,56) die Luft gegen Kohlendioxid ausgetauscht wird
- Durch das Kohlendioxid im Füllraum der Doppelklappe (55,56) der Sauerstoffeintrag in den Reaktor (64) minimiert wird

- Durch das Kohlendioxid im Füllraum der Doppelklappe (55,56) der Stickstoffeintrag in den Reaktor (64) minimiert wird

6. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend einen Verdichter(85), mit einer Regelarmatur(86), mit einem Überhitzer(86), mit einem Düsenboden(90),

gekennzeichnet dadurch, dass

- Unter Restgasen(112) Biogase, Faulgase, Deponiegase, Gärrestgase verstanden werden, die eine Methankonzentration mindestens von 0.5Vol%, maximal von 70% , bevorzugt mit 50% aufweisen,
- Über den hydraulisch angetriebenen Kolbenverdichter, die Restgase (112) angesaugt werden und auf jenen Druck verdichtet werden, damit diese über den Düsenboden (90) in den Reaktor (64) eingedüst werden können.
- Die Restgase (112) über den Verdichter (85) auf einen Druck minimal von 1,05 bar, maximal 2,5 bar, bevorzugt 1,5 bar verdichtet werden
- Der Volumenstrom der Restgase (112) mit der Regelarmatur (86) minimal 1 m^3/h, maximal 500 m^3/h, bevorzugt, 100 m^3/h geregelt werden kann
- Die Temperatur der Restgase (112) mit dem Überhitzer (88) auf minimal 100°C, maximal 500°C, bevorzugt 400°C erhöht werden kann,
- Die Restgase (112) über den Düsenboden (90) gleichverteilt in den Reaktor (64) eingebracht werden kann

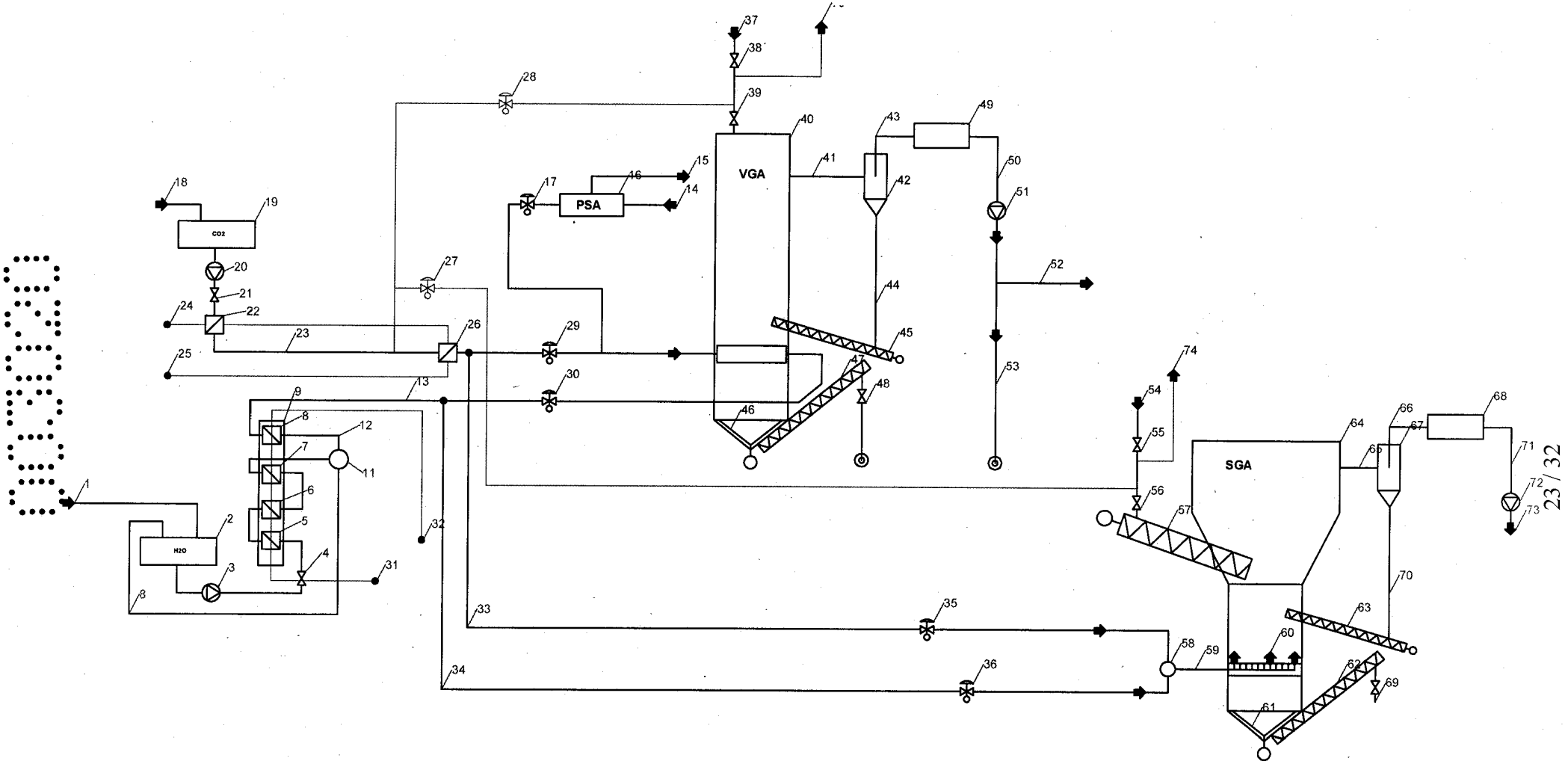

Abbildung 1

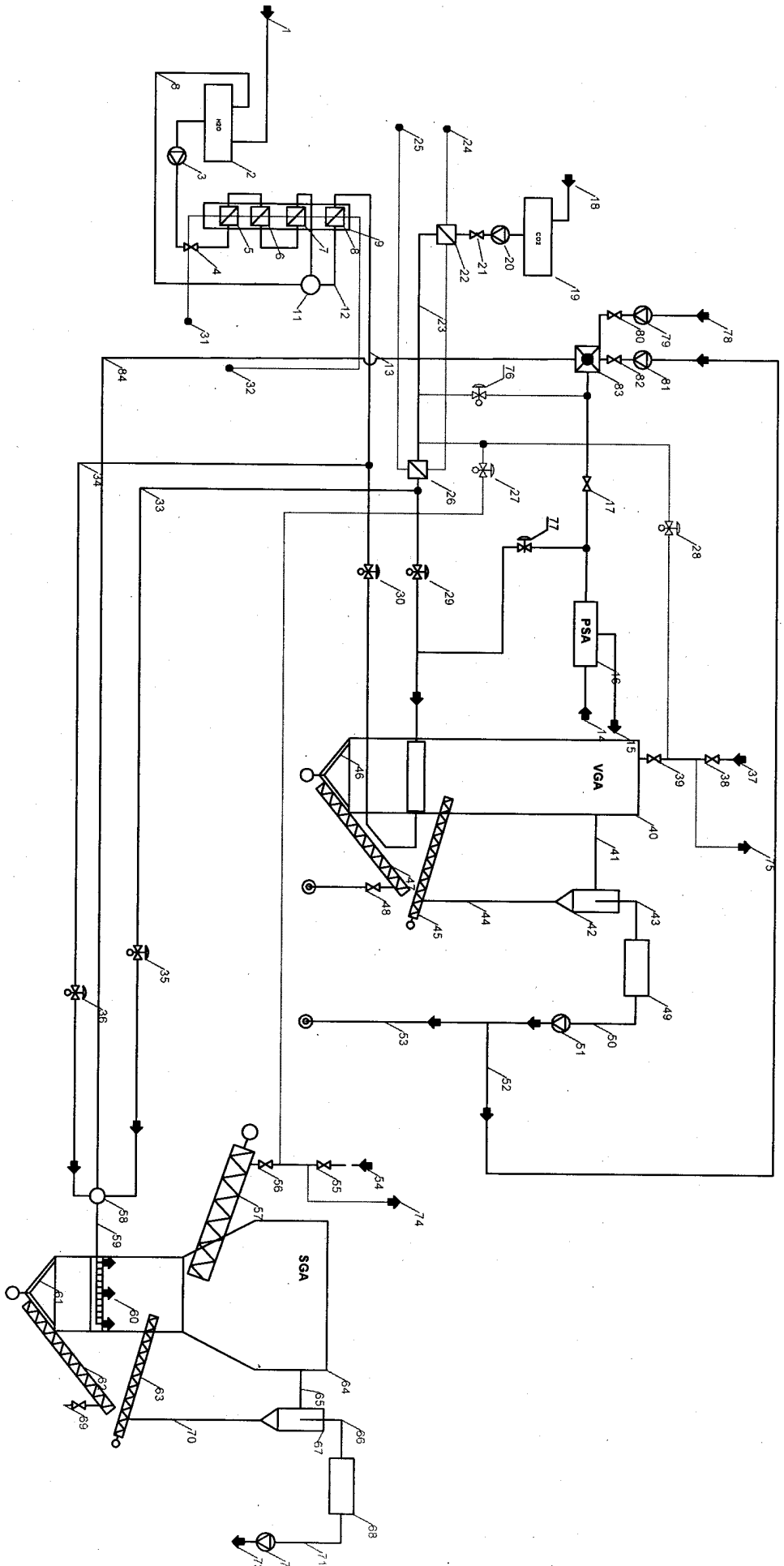

Abbildung 2

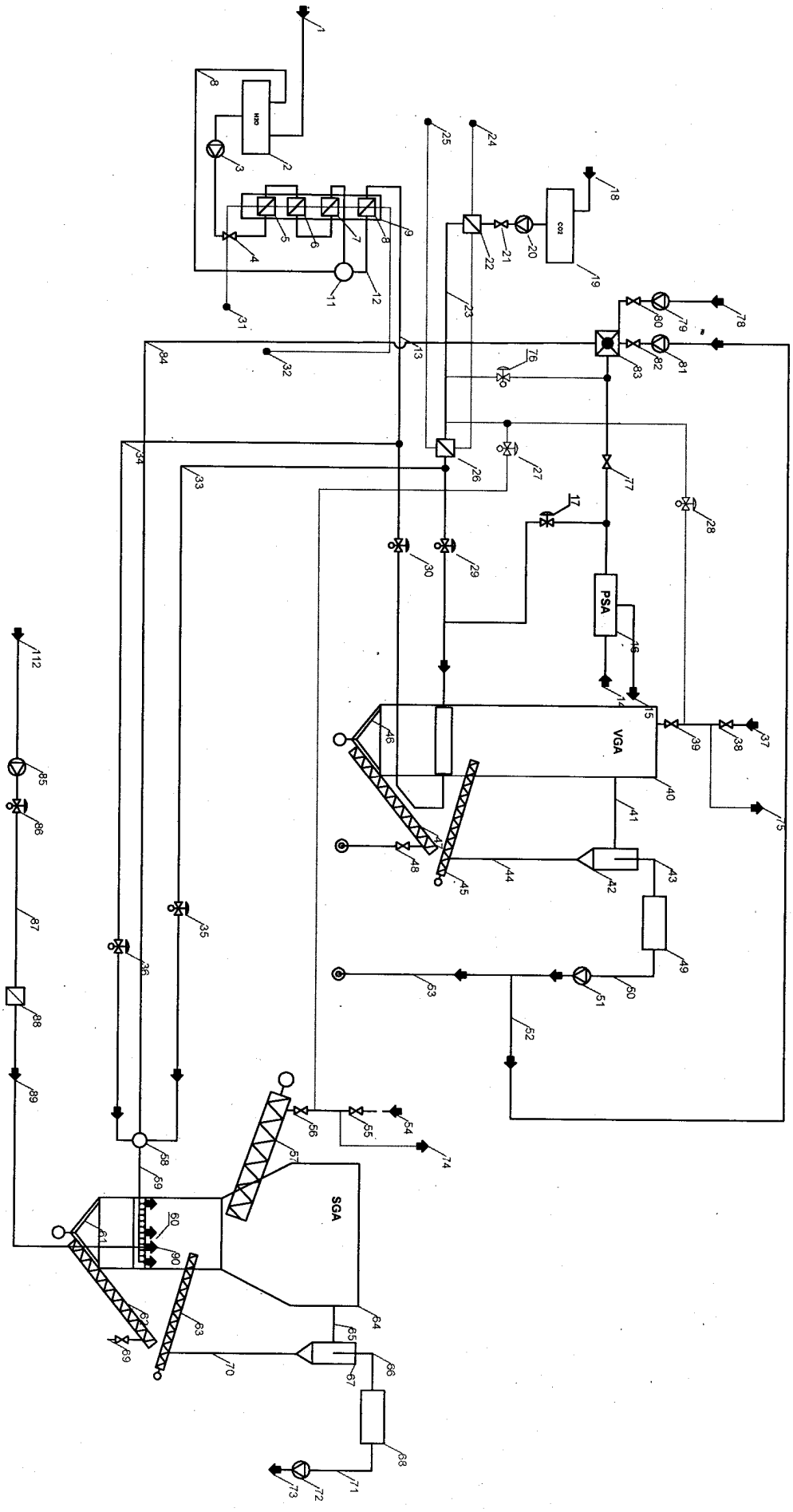

Abbildung 3

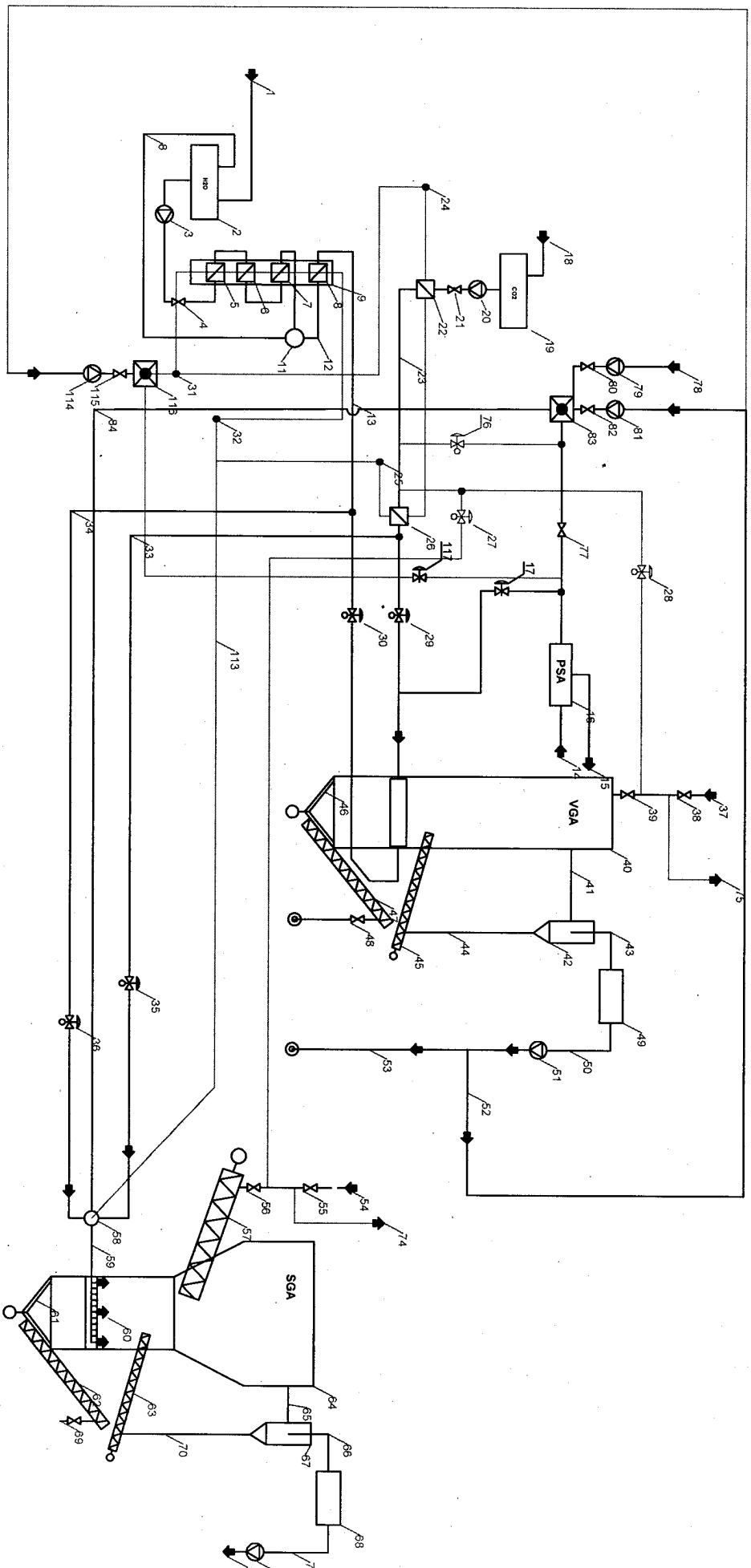

Abbildung 4

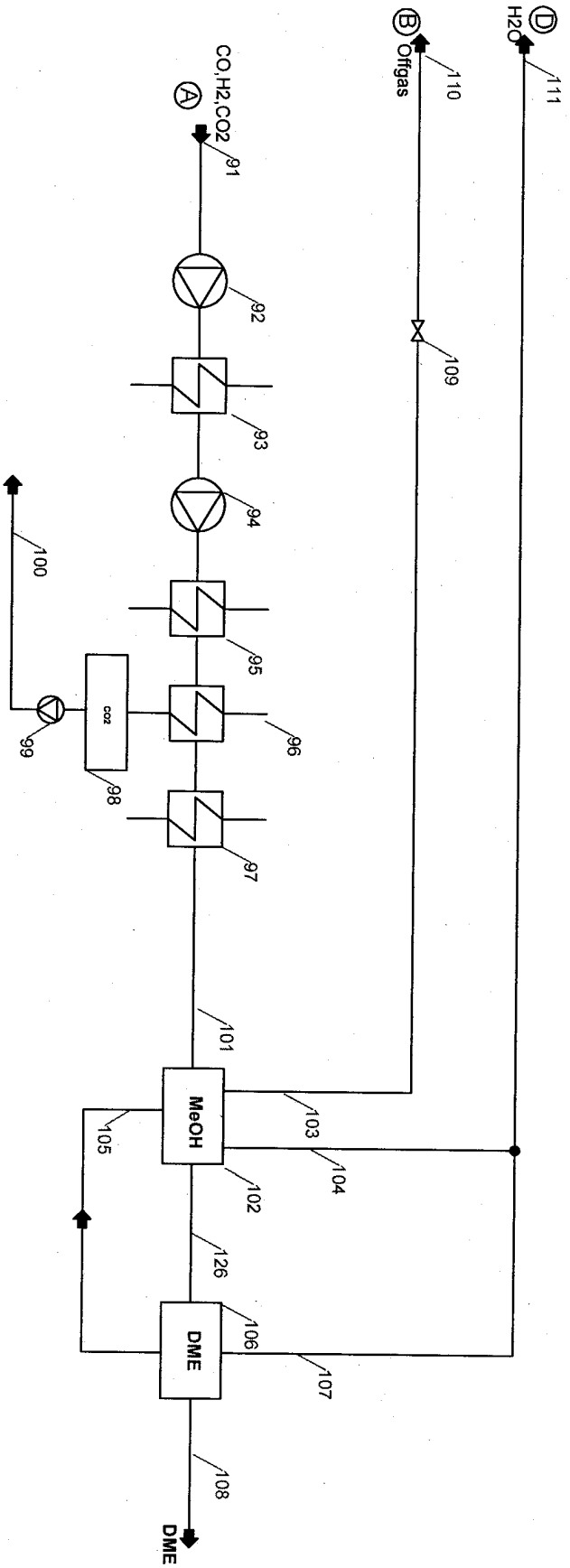
D
H2O
111
B
Offgas
110
109
CO,H2,CO2
A
91
92
93
94
100
95
96
99
CO2
98
97
101
MeOH
103
105
104
102
126
DME
106
107
108
DME

Abbildung 5

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
C10J 3/10 (2006.01); ***C10J 3/14*** (2006.01); ***C10J 3/16*** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
C10J 3/10 (2013.01); ***C10J 3/14*** (2013.01); ***C10J 3/16*** (2013.01); *C10J 2200/156* (2013.01); *C10J 2300/0913* (2013.01); *C10J 2300/0959* (2013.01); *C10J 2300/0969* (2013.01); *C10J 2300/0976* (2013.01); *C10J 2300/1665* (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
C10J

Konsultierte Online-Datenbank:
EPODOC, WPIAP, Volltext-Patentdatenbanken EN und DE

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **07.06.2018** eingereichten Ansprüchen **1-6** erstellt.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	WO 2009106357 A2 (KRONES AG [DE]) 03. September 2009 (03.09.2009) Beschreibung Seiten 18-23; Figuren 1-7	1-6
A	EP 0699651 A1 (STEINBERG MEYER [US], DONG YUANJI [US]) 06. März 1996 (06.03.1996) Das ganze Dokument	1-6
A	WO 2013005239 A1 (REWOOD S R L [IT]) 10. Januar 2013 (10.01.2013) Das ganze Dokument	1-6

Datum der Beendigung der Recherche:	Seite 1 von 1	Prüfer(in):
24.05.2019		ENGLISCH Julia

*) **Kategorien** der angeführten Dokumente:

X Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.

Y Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

A Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.

P Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.

E Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).

& Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

Ansprüche

1. Das Verfahren zur Verknüpfung von Vergasungsverfahren, umfassend einen Reaktor(40), eine Doppelklappe (38,39), einen Zyklon (42), eine Rückführschnecke (45), eine Austragsschnecke (47), eine Druckwechseladsorption (16) und eine Regelarmatur (17), einen Reaktor (64), mit einem Düsenboden (60), mit einem Zyklon (67), mit einer Rückführschnecke (63), mit einer Austragschnecke (62), mit einem Kohlendioxidtank (19) mit zugehöriger Pumpe (20), Regelarmatur (21), mit Verdampfer (22), mit einem Überhitzer (26), mit einem Wassertank (2), mit einer zugehörigen Pumpe (3), mit einer Regelarmatur (4), einem Verdampfer (9), die Regelarmaturen (29,30), die Regelarmaturen (35,36)

Gekennzeichnet, dass

- Reststoffe (37) Altholz, Kunststoff, Papier, Plastikfolien, Schalen und Kerne sind, die eine Stückigkeit mit einem Durchmesser minimal 15 mm, maximal 50 mm, bevorzugt 25 mm aufweisen, mit einer Länge minimal 25 mm, maximal 80mm, bevorzugt 50 mm aufweisen,
- Der Wassergehalt der Reststoffe (37) minimal 5% , maximal 15%, bevorzugt 15% beträgt,

- Der Reaktor (40) nach dem Gleichstromprinzip oder Gegenstromprinzip als Festbettreaktor arbeitet
- Der Reaktor (40) im Unterdruck betrieben wird, und einen Druck minimal 0.4 bar , maximal 0.95 bar, bevorzugt 0.8 bar aufweist
- Der Volumenstrom des Rohgases (41) minimal 500 m³/h, maximal 2500 m³/h, bevorzugt 2000 m³/h beträgt

- Die notwendige Wärme im Reaktor (40) durch eine unterstöchiometrischen Verbrennung mit Sauerstoff aus einer Druckwechseladsorption (16) erfolgt und ein Luftmassen zu Reststoffmasse Massenverhältnis von minimal 0.1, maximal 0.8, bevorzugt 0.25 aufweist
- Die Temperatur im Reaktor (40) in der Oxidationszone minimal 800°C, maximal 1600°C, bevorzugt 1200°C hat

- Das Rohgas (41) aus dem Reaktor (40) über einen Zyklon (42) geleitet wird, und so der ausgetragene Kohleanteil um minimal 50%, maximal 98%, bevorzugt 90% reduziert wird,
- Die aus dem Zyklon anfallende Kohle über eine Rückführschnecke (45) dem Reaktor (40) mit einem Volumenstrom minimal von 0.1 m³/h, maximal 10 m³/h rückgeführt wird

- Der Druck des eingebrachten Kohlendioxids (23) minimal 0.9 bar, maximal 1,5 bar bevorzugt 1.1 bar beträgt

- Die Temperatur des eingebrachten Kohlendioxids (23) minimal 100°C, maximal 600°C, bevorzugt 400°C beträgt
- Der Volumenstrom des eingebrachten Kohlendioxids (23) minimal 1 m³/h, maximal 500 m³/h, bevorzugt 100 m³/h beträgt

- Der Druck des eingebrachten Wasserdampfes (13) minimal 0.9 bar, maximal 1,5 bar bevorzugt 1.1 bar beträgt

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

- Die Temperatur des eingebrachten Wasserdampfes (13) minimal 120°C, maximal 600°C, bevorzugt 400°C beträgt
- Der Volumenstrom des eingebrachten Wasserdampfes (13) minimal 1 m³/h, maximal 500 m³/h, bevorzugt 100 m³/h beträgt

- Reststoffe (54) Altholz, Kunststoff, Papier, Plastikfolien, Schalen und Kerne sind, die eine Stückigkeit mit einem Durchmesser minimal 1 mm, maximal 10 mm, bevorzugt 5 mm aufweisen, mit einer Länge minimal 5 mm, maximal 20mm, bevorzugt 10 mm aufweisen,
- Der Wassergehalt der Reststoffe (54) minimal 5% , maximal 15%, bevorzugt 15% beträgt,
- Neben Reststoffen (54) auch ein Kohle Asche Gemisch (46,47,48) über die Doppelklappen (55,56) eingetragen werden, wobei der Kohlenstoffgehalt minimal 60%, maximal 100%, bevorzugt 90% beträgt

- Der Reaktor (64) nach dem Gegenstromprinzip als Festbettreaktor arbeitet
- Der Reaktor (64) im Unterdruck betrieben wird, und einen Druck minimal 0.4 bar , maximal 0.95 bar, bevorzugt 0.8 bar aufweist
- Der Volumenstrom des Rohgases (65) minimal 500 m³/h, maximal 10000 m³/h, bevorzugt 2500 m³/h beträgt

- Das Abgas (84) aus der Brennkammer eine Temperatur von minimal 600°C, maximal 1200°C, bevorzugt 1000°C hat
- Das Kohlendioxid (33) eine Temperatur von minimal 200°C, maximal 600°C, bevorzugt 400°C beträgt,
- Der Wasserdampf (34) eine Temperatur von minimal 200°C, maximal 600°C, bevorzugt 400°C beträgt,
- Die Temperatur im Reaktor (64) in der Düsenzone (60) minimal 800°C, maximal 1600°C, bevorzugt 1000°C hat

- Das Rohgas (65) aus dem Reaktor (64) über einen Zyklon (67) geleitet wird, und so der ausgetragene Kohleanteil um minimal 50%, maximal 98%, bevorzugt 90% reduziert wird,
- Die aus dem Zyklon (67) anfallende Kohle über eine gasdichte Rückführschnecke (63) dem Reaktor (64) mit einem Volumenstrom minimal von 0.1 m³/h, maximal von 10 m³/h rückgeführt wird,
- Die für den Verdampfer (9) notwendige Wärme extern über einen Heißgasvorlauf (31) und einen Heißgasrücklauf (32) zur Verfügung gestellt wird
- Die Temperatur des Heißgases (32) im Vorlauf minimal 600°C, maximal 1600°C und bevorzugt 1200°C beträgt

- Die Temperatur des Heißgases (25) im Vorlauf minimal 600°C, maximal 1000°C und bevorzugt 800°C beträgt

2. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend eine Brennkammer (83), einen Verdichter (81), mit einer Regelarmatur (82), mit einer Regelarmatur (77), mit einer Regelarmatur (76),

gekennzeichnet, dass

- Ein Teil des in mit dem Reaktor (40) erzeugten Schwachgases (52) in die Brennkammer (83) eingebracht wird

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

- Der Volumenstrom des Schwachgases (52) mit der Regelarmatur (82) minimal 1 m³/h, maximal 500 m³/h, bevorzugt, 100 m³/h geregelt werden kann
- Das Schwachgas (52) zusammen mit Sauerstoff (77) aus der Druckwechseladsorptionsanlage (16) vollständig zu Kohlendioxid und Wasserdampf oxidiert wird
- Der Volumenstrom an Kohlendioxid in die Brennkammer (83) minimal 1m³/h, maximal 500 m³/h, bevorzugt 100 m³/h beträgt,
- Die Temperatur des Abgases (84) aus der Brennkammer (83) minimal 400°C, maximal 1600°C, bevorzugt 1000°C beträgt,
- Die Oxidation in der Brennkammer (83) an der Oberfläche von Kugeln aus Zirkoniumoxid (ZrO2) erfolgt, die einen minimalen Durchmesser 10 mm, maximal 50 mm, bevorzugt 25 mm haben

3. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend eine Brennkammer (116), einen Verdichter (114), mit einer Regelarmatur (115), mit einer Regelarmatur (117),

gekennzeichnet, dass

- Der Volumenstrom des Schwachgases (52) mit der Regelarmatur (82) minimal 1 m³/h, maximal 500 m³/h, bevorzugt, 100 m³/h geregelt werden kann
- Das Schwachgas (52) zusammen mit Sauerstoff (117) aus der Druckwechseladsorptionsanlage (16) vollständig zu Kohlendioxid und Wasserdampf oxidiert (113) wird
- Die Temperatur des Abgases (31) für den Wasserverdampfer (9) aus der Brennkammer (116) minimal 400°C, maximal 1600°C, bevorzugt 1200°C beträgt
- Die Temperatur des Abgases (25) für den Überhitzer (26) von Kohlendioxid aus der Brennkammer (116) minimal 400°C, maximal 1600°C, bevorzugt 1200°C beträgt
- Die Oxidation in der Brennkammer (116) an der Oberfläche von Kugeln aus Zirkoniumoxid (ZrO2) erfolgt, die einen minimalen Durchmesser 10 mm, maximal 50 mm, bevorzugt 25 mm haben
- Das heiße Abgas (32) aus dem Wasserverdampfer (9) und das heiße Abgas (24) aus dem Kohlendioxidverdampfer (22) zusammen als Abgas (113) in den Düsenboden (60) des Reaktors (64) eingebracht wird

4. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend einen Verdichter (79), mit einer zugehörigen Regelarmatur (80),

gekennzeichnet, dass

- Unter Restgasen (78) das Offgas (110) aus einem Dimethyletherprozess verstanden wird und einen Heizwert von minimal 0.1 kWh/m³, maximal 5 kWh/m³ aufweist
- Die Restgase (78) über den Verdichter (79) auf einen Druck minimal von 1,05 bar, maximal 2,5 bar, bevorzugt 1,5 bar verdichtet werden
- Der Volumenstrom der Restgase (78) mit der Regelarmatur (80) minimal 1 m³/h, maximal 500 m³/h, bevorzugt, 100 m³/h geregelt werden kann

5. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend die Regelarmatur (27), die Regelarmatur (28),

gekennzeichnet dadurch, dass

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

- Mit der Spülung des Füllvolumens der Doppelklappe (38,39) die Luft gegen Kohlendioxid ausgetauscht wird
- Mit der Spülung des Füllvolumens der Doppelklappe (55,56) die Luft gegen Kohlendioxid ausgetauscht wird

6. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend einen Verdichter (85), mit einer Regelarmatur (86), mit einem Überhitzer (86), mit einem Düsenboden (90),

gekennzeichnet, dass

- Unter Restgasen(112) Biogase, Faulgase, Deponiegase, Gärrestgase verstanden werden, die eine Methankonzentration mindestens von 0.5Vol%, maximal von 70% , bevorzugt mit 50% aufweisen,
- Die Restgase (112) über den Verdichter (85) auf einen Druck minimal von 1,05 bar, maximal 2,5 bar, bevorzugt 1,5 bar verdichtet werden
- Der Volumenstrom der Restgase (112) mit der Regelarmatur (86) minimal 1 m^3/h, maximal 500 m^3/h, bevorzugt, 100 m^3/h geregelt werden kann
- Die Temperatur der Restgase (112) mit dem Überhitzer (88) auf minimal 100°C, maximal 500°C, bevorzugt 400°C erhöht werden kann,

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE