

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 181/2022
(22) Anmeldetag: 14.09.2022
(43) Veröffentlicht am: 15.03.2024

(51) Int. Cl.: **C10J 3/54** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
AT 524182 A1
AT 521211 A1

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

(54) **Verfahren zur Erzeugung von Wasserstoff aus Biomasse und Wasserdampf**

(57) Verfahren zur Erzeugung von Wasserstoff (26) aus Biomasse (30,12) mit Hilfe von Wasserdampf (7), wobei in dem Reaktor (32) mit Hilfe der Vergasung Brenngas (39) und Koks Kohle (37) erzeugt wird, wobei Kohlenmonoxid und Kohlendioxid (29) aus der Wasserdampfvergasung (9) rückgeführt wird und Luftsauerstoff (35) der Vergasung zugeführt wird. Brenngas aus dem Reaktor (32) wird mit Hilfe eines Zyklons (39) gereinigt und einer Gaswäsche (40) zugeführt und mit einem Vakuumverdichter (41) angesaugt. Das Brenngas wird mit Luftsauerstoff verbrannt, um voll entsalztes Wasser (1) in einem Dampferzeuger (4) zu verdampfen und mit Hilfe der Wärme aus einem Heißgaserzeuger (5) auf eine Temperatur von 800°C bis 1200°C überhitzt dem Reaktor (9) zugeführt wird, wo die Koks Kohle (37) und feine Biomasse (12) vergast werden, das Wassergas über einen Zyklon (15) von Partikeln gereinigt wird, einer Gaswäsche (17) zugeführt wird und über einen Vakuumverdichter 18 angesaugt wird. Das Wassergas wird verdichtet (21) und einer Druckwechseladsorption zugeführt, mit deren Hilfe Wasserstoff (26) als Produkt bereitgestellt wird, das Gasgemisch aus Kohlenmonoxid und Kohlendioxid über einen Vakuumverdichter (27) als Sachwachs gas (29) dem Reaktor (32) zugeführt wird.

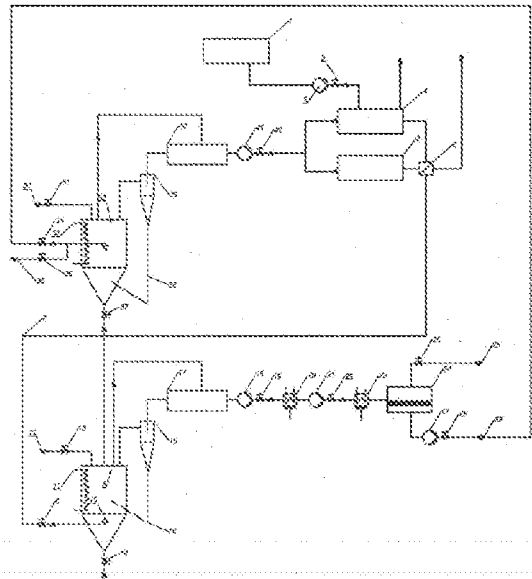


Abbildung 1

Zusammenfassung

Verfahren zur Erzeugung von Wasserstoff (26) aus Biomasse (30,12) mit Hilfe von Wasserdampf (7), wobei in dem Reaktor (32) mit Hilfe der Vergasung Brenngas (39) und Koks Kohle (37) erzeugt wird, wobei Kohlenmonoxid und Kohlendioxid (29) aus der Wasserdampfvergasung (9) rückgeführt wird und Luftsauerstoff (35) der Vergasung zugeführt wird. Brenngas aus dem Reaktor (32) wird mit Hilfe eines Zyklons (39) gereinigt und einer Gaswäsche (40) zugeführt und mit einem Vakuumverdichter (41) angesaugt. Das Brenngas wird mit Luftsauerstoff verbrannt, um voll entsalztes Wasser (1) in einem Dampferzeuger (4) zu verdampfen und mit Hilfe der Wärme aus einem Heißgaserzeuger (5) auf eine Temperatur von 800°C bis 1200°C überhitzt dem Reaktor (9) zugeführt wird, wo die Koks Kohle (37) und feine Biomasse (12) vergast werden, das Wassergas über einen Zyklon (15) von Partikeln gereinigt wird, einer Gaswäsche (17) zugeführt wird und über einen Vakuumverdichter 18 angesaugt wird. Das Wassergas wird verdichtet (21) und einer Druckwechseladsorption zugeführt, mit deren Hilfe Wasserstoff (26) als Produkt bereitgestellt wird, das Gasgemisch aus Kohlenmonoxid und Kohlendioxid über einen Vakuumverdichter (27) als Sachwachgas (29) dem Reaktor (32) zugeführt wird.

Verfahren zur Erzeugung von Wasserstoff aus Biomasse und Wasserdampf

Verfahren zur Erzeugung von Wasserstoff 26 aus Biomasse 30,12 mit Hilfe von Wasserdampf 7, wobei in dem Reaktor 32 mit Hilfe der Vergasung Brenngas 39 und Koks Kohle 37 erzeugt wird, wobei Kohlenmonoxid und Kohlendioxid 29 aus der Wasserdampfvergasung 9 rückgeführt wird und Luftsauerstoff 35 der Vergasung zugeführt wird. Brenngas aus dem Reaktor 32 wird mit Hilfe eines Zyklons 39 gereinigt und einer Gaswäsche 40 zugeführt und mit einem Vakuumverdichter 41 angesaugt. Das Brenngas wird mit Luftsauerstoff verbrannt, um voll entsalztes Wasser 1 in einem Dampferzeuger 4 zu verdampfen und mit Hilfe der Wärme aus einem Heißgaserzeuger 5 auf eine Temperatur von 800°C bis 1200°C überhitzt dem Reaktor 9 zugeführt wird, wo die Koks Kohle 37 und feine Biomasse 12 vergast werden, das Wassergas über einen Zyklon 15 von Partikeln gereinigt wird, einer Gaswäsche 17 zugeführt wird und über einen Vakuumverdichter 18 angesaugt wird. Das Wassergas wird verdichtet 21 und einer Druckwechseladsorption zugeführt, mit deren Hilfe Wasserstoff 26 als Produkt bereitgestellt wird, das Gasgemisch aus Kohlenmonoxid und Kohlendioxid über einen Vakuumverdichter 27 als Schwachgas 29 dem Reaktor 32 zugeführt wird.

Wasserstoff mit Hilfe der Elektrolyse zu erzeugen ist bekannt. Der Nachteil ist, dass elektrische Energie in großen Mengen dauernd verfügbar ist. Das ist in vielen Regionen der Erde nicht machbar. Zudem stellen solare Energie und Windenergie ein Problem der Verfügbarkeit dar, man nennt das auch Volatilität. Der Elektrolyse steht nun die Thermolyse gegenüber, die Wasserstoff auf der Basis der Wärme erzeugt.

Die **Aufgabe** die nun gestellt wird, ist es Wasserstoff aus Biomasse mit Hilfe der Vergasung zu erzeugen, wobei Wasserdampf erzeugt wird, wobei Wassergas erzeugt wird, das Kohlenmonoxid aus dem Wassergas für die Vergasung verwendet wird, wobei grobe Biomasse für die Bereitstellung von Brenngas verwendet wird, wobei feine Biomasse zusammen mit biogener Kohle bereitgestellt wird, um damit Wassergas zu erzeugen.

Die Erfindung nutzt Wasserdampf 7, der aus einem Brenngas, das aus Biomasse 30 durch Vergasung gewonnen wird, erzeugt wird.

Erfindungsgemäß wird dabei entweder Pyrolysegas oder Schwachgas aus der Vergasung im Reaktor 32 verwendet. Der Heizwert des Schwachgases aus der Vergasung liegt bei 1,5 kWh/m³ bis 2,0 kWh/m³ und das Pyrolysegas hat einen Heizwert von 2,0 kWh/m³ bis 3,5 kWh/m³.

Typische Zusammensetzungen von Pyrolysegas/Brenngas im Reaktor 32 ist

CO	40%
CO ₂	10%
H ₂	40%
CH ₄	4%
H ₂ O	4%
Inerte Gase	2%

Typische Zusammensetzung von Schwachgas/Brenngas aus der Vergasung im Reaktor 32

CO	23%
CO ₂	12%
H ₂	20%
CH ₄	1%
H ₂ O	4%
Inerte Gase	Rest

Die aus der Pyrolyse und der Vergasung anfallende Kokskehle kann wie folgt klassifiziert werden. Bei der Pyrolyse allen 20% der eingebrachten Biomasse an Kokskehle. In einer typischen Anwendung werden 100 kg/h Biomasse eingebracht, dann fallen 20 kg/h Kokskehle an. Bei der Vergasung fallen 20% der Biomasse an Kokskehle an, wobei 5% als Asche definiert werden, die aus der Verbrennung bei der Vergasung stammen.

Die Physikalische Eigenschaften der Kokskehle ergeben sich zu

Dichte:	0,15 bis 0,4 g/cm ³
Wassergehalt:	1% bis 2%
Heizwert:	9,5 bis 9,8 kWh/kg
Kohlenstoffanteil:	90,5 bis 91,5 %
Inertanteile (Karbonaten):	Rest

In der Regel fallen bei der Vergasung im Reaktor 32 durch die Aufbereitung von biogenen Stoffen auch Feinteile an. Unter Feinteile versteht man Späne, Stäube, Kerne, Schalen, Spelzen.

Dichte:	0,15 bis 0,4 g/cm ³
Stückigkeit:	d~ 5 mm bis 15 mm
Wassergehalt:	10%
Heizwert:	4,8 kWh/kg
Kohlenstoffanteil:	~ 50%
Wasserstoffanteil:	~ 7%
Sauerstoffanteil:	~ 42%
Inertanteile (Karbonaten):	< 1%

Die Erfindung nutzt nun die Möglichkeit neben der Kokskehle auch biogene Feinteile im Reaktor 9 zu verwerten. Es wird dann die Kokskehle mit den Feinteilen gemischt und über das Doppelklappensystem 12, in den Reaktor 9 eingebracht.

Der Reaktor 9 ist als ein Schwebebettreaktor ausgebildet. Als Schwebefluid wird überhitzter Wasserdampf 7 über eine Regelarmatur 8 über einen Düsenboden 10 in den Reaktor eingebracht. In dem Reaktor 9 findet dann eine Wasserdampfvergasung statt. Die Wasserdampfvergasung wird

bei einer Temperatur von 600°C bis 1000°C betrieben und durchgeführt. Nun ist die Wasserdampfvergasung eine stark endotherme Reaktion, sodass der Reaktor beheizt werden muss. Die Beheizung des Reaktors erfolgt mit Hilfe des Wasserdampfes 7 thermisch.

Das Schwebebett nach dem Erfinder Franz Winkler [1] ist bekannt. Durch das Schwebebett kann nun der Wasserdampf mit dem Kohlenstoff reagieren und ein Synthesegas bilden. Die chemische Reaktion für Kohlenstoff ist in der nachfolgenden Massen- und Energiebilanz dargestellt:

Syngas	C	H ₂ O	↔	CO	H ₂	[]		
	1,00	1,00		1,00	1,00	[mol]		
	12,00	18,00		28,00	2,00	[g/mol]		
	12,00	18,00		28,00	2,00	[g/mol]		
	1,00	1,50		2,33	0,17	[kg/h]		
Hf	0,00	-241,40		-110,50	0,00	[kJ/mol]		
	0,00	-241,40		-110,50	0,00	[kJ/mol]	130,90	
T	800,00	800,00		800,00	800,00	[°C]		
	1073,15	1073,15		1073,15	1073,15	[°K]		
Sf	5,80	188,70		197,60	130,60	[J/mol K]		
	6,22	202,50		212,05	140,15	[kJ/mol]	143,48	
Gf							-12,58	[kJ/mol]
							-1,05	kJ/g C
							-0,29	kWh/kg C

Tabelle 1: Wasserdampfvergasung von Kohlenstoff und Wasserdampf, molares Verhältnis C: H₂O = 1: 1

Syngas	C	H ₂ O	↔	CO ₂	H ₂	[]		
	1,00	2,00		1,00	2,00	[mol]		
	12,00	18,00		44,00	2,00	[g/mol]		
	12,00	36,00		44,00	4,00	[g/mol]		
	1,00	3,00		1,00	0,33	[kg/h]		
Hf	0,00	-241,40		-393,00	0,00	[kJ/mol]		
	0,00	-482,80		-393,00	0,00	[kJ/mol]	89,80	
T	800,00	800,00		800,00	800,00	[°C]		
	1073,15	1073,15		1073,15	1073,15	[°K]		
Sf	5,80	188,70		213,70	130,60	[J/mol K]		
	6,22	405,01		229,33	280,31	[kJ/mol]	98,41	
Gf							-8,61	[kJ/mol]
							-0,72	kJ/g C
							-0,20	kWh/kg C

Tabelle 2: Wasserdampfvergasung von Kohlenstoff und Wasserdampf, molares Verhältnis C: H₂O = 1: 2

Der Prozess der Wasserdampfvergasung ist stark endotherm, da Energie aufgebracht werden muss, den Wasserdampf zu erzeugen, zu überhitzen und den Reaktor auf eine Temperatur von 600°C bis 1000°C zu bringen und zu halten.

In den erfindungsgemäßen Verfahren wird das Synthesegas gereinigt. Die ausgetragenen Schwebeteilchen werden in einem Zyklon 15 vom Synthesegas abgetrennt und dem Reaktor 9 rückgeführt 16.

Zudem wird das Synthesegas abgekühlt und mit Hilfe von Gaswäscher 17 gereinigt, wobei als Waschfluid Biodiesel verwendet wird. Dabei bildet sich ein Gemisch als Schlamm aus kondensierten Teeren, Schwebeteilchen, die vom Biodiesel adsorbiert werden, der sich im Lauf der Betriebsdauer aufgedickt. Der so gewonnene Schlamm aus Biodiesel, kondensierten Teeren und Kohlenstoff wird in den Reaktor 9 rückgeführt.

Der Reaktor 9 wird mit leichtem Unterdruck von 0,1 bar bis 0,4 bar betrieben, der von einem elektrisch angetriebenen Vakuumverdichter 18 erzeugt wird. Physikalisch bedeutet das, dass das Synthesegas aus dem Reaktor 9 abgesaugt wird und verdichtet wird. Auf der Druckseite des Verdichters wird ein Überdruck von 0,1 bar bis 0,5 bar erzeugt.

Das Synthesegas besteht beispielhaft aus folgender Zusammensetzung:

CO	~ 40%
H ₂	~ 40%
H ₂ O	< 0,1%
CO ₂	~ 19%
CH ₄	< 0,5%
Inerte Gase	< 0,1%

Das so gewonnene Synthesegas wird im Wärmetauscher 20 rückgekühlt und dann erneut auf einen Druck von 10 bar bis 16 bar verdichtet 21 und auf 25°C rückgekühlt 23 und einer Gastrennung zugeführt. Die Trennung von Synthesegas in Kohlenmonoxid und Wasserstoff mit einer Druckwechseladsorption 24.

Mit Hilfe der Druckwechseladsorption 24 wird das Synthesegas in das Produkt Wasserstoff 26 und in das Prozessgas Kohlenmonoxid und Kohlendioxid 29 getrennt. Das Kohlenmonoxid und Kohlendioxid wird im Molekularsieb aus Steinkohlepellets gebunden und mit Hilfe eines Vakuumverdichters 27 aus dem Sieb abgesaugt. Dabei wird auf der Saugseite des elektrisch angetriebenen Verdichters 27 ein Unterdruck von 0,01 bar bis 0,1 bar erzeugt und auf der Druckseite eine Verdichtung von 0,1 bar bis 0,5 bar. Da so gewonnene Produkt 29 wird dem Reaktor 32 zugeführt.

Im Reaktor 32 wird grobe Biomasse 30 über eine Doppelklappe 31 zugeführt und in einem Schachtreaktor zu Koks-kohle 14 und Brenngas vergast. Das Brenngas wird in einem Zyklon 39 vom Kohlestaub gereinigt. Der Kohlestaub wird 38 in den Reaktor 32 rückgeführt und über eine Regelarmatur 37 dem Wasserdampfvergasung im Reaktor 9 zugeführt.

Das im Reaktor 9 erzeugte Brenngas wird gereinigt 40. Die Rückstände aus der Gasreinigung werden dem Reaktor 32 rückgeführt. Das gereinigte Brenngas wird über einen Verdichter 41 angesaugt und dient dazu Wasserdampf 4 zu erzeugen und den Wasserdampf 5 zu überhitzen. Die Erzeugung des Wasserdampfs erfolgt in einem Großraumwasserkessel 4, der einen leicht überhitzten Wasserdampf erzeugt. Der Wasserdampf hat einen Druck von 2bar bis 16 bar und eine Dampftemperatur von 120°C bis 250°C und dieser Wasserdampf wird im Wärmetauscher 6 auf 800°C bis 1000°C überhitzt und dem Reaktor 9 für die Wasserdampfvergasung zugeführt.

Die Vergasung im Reaktor 32 hat die Zielsetzung gerade so viel Brenngas zu erzeugen, um Wasserdampf zu erzeugen und diesen zu überhitzen.

Wasser für den Wasserdampferzeuger wird als voll entsalztes Wasser in einem Behälter 1 bereitgestellt und dem Verdampfer 4 zugeführt. Wasser wird verbraucht, um Wasserstoff thermisch zu erzeugen. Man kann dieses Verfahren auch Thermolyse bezeichnen.

Die Anwendung dieser Erfindung löst das Problem des anfallenden Kohlenstoffes bei der Vergasung und Pyrolyse. Die Verwendung als Koks-kohle in der Landwirtschaft und als Terra Pretta für die Bodenaufbereitung macht keinen Sinn, denn Pflanzen nutzen den Kohlenstoff im Boden nur sehr gering, der Kohlenstoff für den Aufbau der Pflanzen stammt aus der Luft und wird über Kohlendioxid gewonnen.

Diese Erfindung verwertete Kokskohle von kleinen Vergasungsanlagen bis zu großen vergasungsanlagen und ist in der Leistung von 10 kW bis 5000 kW einsetzbar.

Zeichen und Symbole

- | | |
|----|--|
| 1 | Wasserbehälter (vollentsalzt) |
| 2 | Pumpe |
| 3 | Regelarmatur |
| 4 | Wasserdampferzeuger / Großraumwasserkessel |
| 5 | Heißgaserzeuger |
| 6 | Wärmetauscher |
| 7 | Wasserdampf |
| 8 | Regelarmatur |
| 9 | Reaktor für Wasserdampfvergasung |
| 10 | Düsen |
| 11 | Thermische Beheizung des Reaktors 9 |
| 12 | feine Biomasse |
| 13 | Doppelklappe |
| 14 | Zellradschleuse inertes Material |
| 15 | Zyklon |
| 16 | Kokspartikel |
| 17 | Gaswäsche |
| 18 | Vakuumverdichter |
| 19 | Regelarmatur |
| 20 | Wärmetauscher |
| 21 | Kolbenverdichter |
| 22 | Regelarmatur |
| 23 | Wärmetauscher |
| 24 | Druckwechseladsorption |
| 25 | Regelarmatur |
| 26 | Wasserstoff |
| 27 | Vakuumverdichter |
| 28 | Regelarmatur |
| 29 | Kohlenmonoxid, Kohlendioxid |
| 30 | grobe Biomasse |
| 31 | Doppelklappe |
| 32 | Reaktor für Vergasung |
| 33 | thermische Beheizung |
| 34 | Regelarmatur Kohlenmonoxid, Kohlendioxid |
| 35 | Luftsauerstoff |
| 36 | Regelarmatur |
| 37 | Zellradschleuse Kokskohle |
| 38 | Kohlepartikel Rückführung |
| 39 | Zyklon |
| 40 | Gaswäscher |
| 41 | Vakuumverdichter |
| 42 | Regelarmatur Brenngas |

Symbole

H ₂ O	Wasser, Wasserdampf
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
H ₂	Wasserstoff
C	Kohlenstoff

Literatur

- [1] Franz Winkler, Paul Feiler, 1972, Die Wirbelschicht, der vierte Aggregatzustand, BASF AG

Abbildungen

Abbildung 1

Die **Abbildung 1** zeigt einen Behälter 1 für voll entsalztes Wasser, das mit einer Pumpe 2 über eine Regelarmatur 3 dem Großraumwasserdampferzeuger 4 zugeführt, in dem Brenngas aus dem Reaktor 32 mit Hilfe der vergasung erzeugt verbrannt werden, um leicht überhitzten Wasserdampf zu erzeugen, der mit Hilfe eines Heißgaserzeugers 5 und einem Wärmetauscher 7, auf eine Temperatur von 600°C bis 1200°C erhitzt 7 und dem Reaktor 9 zugeführt wird, wo eine Wasserdampfvergasung mit Hilfe der Koks Kohle 37 und feiner Biomasse 12 durchgeführt wird. Das so erzeugte Wassergas wird von Partikeln mit Hilfe eines Zyklons 15 gereinigt, das reine Wassergas wird mit Hilfe eines Gaswäsche 17 gereinigt, der dabei anfallende Slurry wird dem Reaktor 9 rückgeführt. Das Wassergas wird mit Hilfe eines elektrisch angetriebenen Vakuumverdichter 18 angesaugt, rückgekühlt 20 und auf einen Druck von 12 bar bis 16 bar verdichtet 21 und einer Druckwechseladsorption 24 zugeführt, mit deren Hilfe Wasserstoff 26 als Produkt zur Verfügung gestellt wird. Der Wassergasanteil aus Kohlenmonoxid, Kohlendioxid wird mit Hilfe eines elektrisch angetriebenen Vakuumverdichters angesaugt, verdichtet 29 und über die Regelarmatur dem Reaktor 32 als Vergasungsreaktor 32 zugeführt. Im Vergasungsreaktor 32 wird grobe Biomasse zu einem Brenngas und Koks Kohle mit Hilfe der Vergasung umgewandelt, wobei geringfügig Luftsauerstoff 35 über die Regelarmatur 36 dem Reaktor 32 zugeführt wird. Das Brenngas wird über einen Zyklon 39 von Partikel gereinigt, die 38 rückgeführt werden, das Brenngas wird einer Gaswäsche 40 zugeführt, der Slurry aus der Gaswäsche dem Reaktor 32 rückgeführt und das Brenngas wird mit Hilfe eines elektrisch angetriebenen Verdichters 41 angesaugt und dem Wasserdampferzeuger 4 und Heißgaserzeuger 5 zugeführt.

Ansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Wasserstoff (26) aus Biomasse (30,12) und Wasserdampf (7), umfassend folgende Schritte

- Bereitstellung von Wasser (1) in einem Behälter (1), wobei das Volumen minimal 1m^3 , maximal 100m^3 beträgt, wobei es sich um voll entsalztes Wasser handelt, das eine elektrische Leitfähigkeit von $0,01\ \mu\text{S}/\text{cm}$, maximal $1\ \mu\text{S}/\text{cm}$ hat,
- Verdichten von Wasser (1) mit einer elektrisch angetriebenen Pumpe (2), wobei der Massenstrom minimal $1\text{kg}/\text{h}$, maximal $1000\ \text{kg}/\text{h}$ beträgt, wobei die elektrische Leistung der Pumpe minimal 1kW , maximal 100kW beträgt, wobei der Druck minimal $1,0\ \text{bar}$ maximal $2\ \text{bar}$ beträgt, wobei das
- Verdampfen von Wasser (1) in einem thermisch beheizten Verdampfer (4), wobei der Druck minimal $1,0\ \text{bar}$ maximal $2\ \text{bar}$ beträgt, wobei die Temperatur minimal 100°C , maximal 150°C hat, das überschüssige Kondensat in den Behälter (1) rückgeführt wird, wobei die thermische Energie minimal 1kW , maximal $10\ 000\ \text{kW}$ hat, wobei der Massenstrom einen Wert minimal $1\text{kg}/\text{h}$, maximal $5000\text{kg}/\text{h}$ hat, wobei Brenngas aus dem Reaktor (32) mit Luftsauerstoff verbrannt wird und der Heizwert des Brenngases einen Wert minimal von $1,5\ \text{kWh}/\text{m}^3$, maximal $2,2\ \text{kWh}/\text{m}^3$ hat,
- Überhitzen von Wasserdampf (7) in einem thermisch beheizten Wärmetauscher, wobei die Temperatur einen Wert minimal 200°C , maximal 1200°C hat, wobei die thermische Energie minimal 1kW , maximal $10\ 000\ \text{kW}$ hat, wobei der Massenstrom (7) einen Wert minimal $1\text{kg}/\text{h}$, maximal $5000\text{kg}/\text{h}$ hat, wobei Brenngas aus dem Reaktor (32) mit Luftsauerstoff verbrannt wird und der Heizwert des Brenngases einen Wert minimal von $1,5\ \text{kWh}/\text{m}^3$, maximal $2,2\ \text{kWh}/\text{m}^3$ hat,
- Bereitstellung von biogenen Grobteilen (30), wobei die Stückigkeit minimal $30\ \text{mm}$, maximal 100mm beträgt, wobei der Wassergehalt minimal 1% , maximal 10% beträgt, wobei der Massenstrom minimal $1\text{kg}/\text{h}$, maximal $1500\ \text{kg}/\text{h}$ beträgt, wobei der Massenanteil an inerten Material minimal $0,1\%$, maximal 1% beträgt,
- Bereitstellung von biogenen Feinteilen (12), wobei die Stückigkeit minimal 1mm , maximal 30mm beträgt, wobei der Wassergehalt minimal 10% , maximal 20% beträgt, wobei der Massenstrom minimal $1\text{kg}/\text{h}$, maximal $2500\ \text{kg}/\text{h}$ beträgt,
- Erzeugung von Synthesegas in einem Reaktor (9), wobei der Dampf (7) mit einer Temperatur minimal 400°C , maximal 1200°C über ein Düsenbett (10) eingedüst wird, wobei der Dampf mit einem Druck minimal von $1,1\ \text{bar}$, maximal $1,5\ \text{bar}$ eingedüst wird, sodass sich ein Schwebebett im Reaktor (9) ausbildet, wobei die zusätzlich benötigte Energie mit Hilfe einer thermischen Beheizung (11) eingebracht wird und die Heizleistung einen Wert minimal von 100kW , maximal $5\ 000\ \text{kW}$ hat, wobei die Temperatur im Reaktor (9) einen Wert minimal 600°C , maximal 1200°C hat, wobei der Druck im Reaktor (9) einen Wert minimal $0,1\ \text{bar}$, maximal $0,4\ \text{bar}$ hat, wobei die inerten Anteile einen Anteil des eingebrachten Anteiles an Koks Kohle (37) und biogene Feinteile (30) minimal $0,1\%$, maximal $0,5\%$ hat, wobei ein Synthesegas generiert wird mit einem Volumenstrom von minimal $2\text{m}^3/\text{h}$, maximal $4000\ \text{m}^3/\text{h}$, wobei das Synthesegas eine Zusammensetzung aus Kohlenmonoxid minimal 20% , maximal 40% , aus Wasserstoff minimal 20% , maximal 40% und aus Kohlendioxid als Rest hat,

- Entfernung von Partikel aus dem Synthesegas über einen Zyklon (15), wobei die Temperatur des Synthesegases minimal 600°C, maximal 800°C hat, wobei der Druck minimal 0,1 bar, maximal 0,4 bar hat, wobei die Abscheidung der Partikel minimal 95%, maximal 99% beträgt, wobei die Partikeldurchmesser minimal 0,01 mm, maximal 5mm beträgt,
- Reinigung von Synthesegas mit Hilfe einer Gasreinigung (17), wobei die Anteile an Partikel 0,01mg/m³, maximal 20 mg/m³ beträgt, wobei die Reinigung mit Hilfe einer Gaswäsche erfolgt, umfassend die Verwendung als Waschfluid Biodiesel, wobei der Anteil an Teeren (polyzyklische Aromate, zyklische Kohlenwasserstoffe) im Synthesegas einen Wert minimal von 0,1 mg/m³, maximal 20 mg/m³ hat,
- Verdichten von Synthesegas über einen elektrisch angetriebenen Wasserring Vakuumverdichter (18), wobei der Druck auf der Saugseite minimal 0,1bar, maximal 0,4 bar beträgt, wobei der Druck auf der Druckseite minimal 1,1 bar, maximal 1,5 bar beträgt, wobei die elektrische Leistung minimal 1kW, maximal 500 kW beträgt,
- Rückkühlen von Synthesegas über einen Wärmetaucher (20), wobei das Synthesegas eine Temperatur minimal von 5°C, maximal 50°C hat,
- Verdichten von Synthesegas über einen elektrisch angetriebenen Kolbenverdichter (21), wobei der Druck auf der Saugseite minimal 1,1bar, maximal 1,5 bar beträgt, wobei der Druck auf der Druckseite minimal 8 bar, maximal 16 bar beträgt, wobei die elektrische Leistung minimal 1kW, maximal 500 kW beträgt, wobei die Temperatur des Synthesegases minimal 25°C, maximal 50°C hat,
- Trennen von Synthesegas mit Hilfe einer Druckwechseladsorption (24), wobei der Druck einen Wert hat, minimal 8 bar, maximal 16 bar, wobei die Temperatur minimal 25°C, maximal 50°C hat, wobei der Volumenstrom minimal 2 m³/h, maximal 4000 m³/h hat, wobei die Trennung mit Hilfe eines Molekularsiebes aus Steinkohlepellets erfolgt,
- Bereitstellen von Wasserstoff (26), wobei der Druck einen Wert hat, minimal 8 bar, maximal 16 bar, wobei die Temperatur minimal 25°C, maximal 50°C hat, wobei der Volumenstrom minimal 0,4m³/h, maximal 2500 m³/h
- Rückführen von Kohlenmonoxid und Kohlendioxid (29) in den Reaktor (32), wobei der Druck einen Wert hat, minimal 1,1 bar, maximal 1,5 bar, wobei die Temperatur minimal 25°C, maximal 50°C hat, wobei der Volumenstrom minimal 1,6 m³/h, maximal 3200 m³/h hat,
- Erzeugung von Brenngas in einem Reaktor (32), wobei Kohlenmonoxid und Kohlendioxid (29) mit einer Temperatur minimal 10°C, maximal 50°C über Düsen in den Reaktor (32) eingedüst wird, wobei Kohlenmonoxid und Kohlendioxid (29) mit einem Druck minimal von 1,05 bar, maximal 1,5 bar eingedüst wird, wobei die zusätzlich benötigte thermische Energie mit Hilfe einer thermischen Beheizung (33) eingebracht wird und die Heizleistung einen Wert minimal von 100kW, maximal 5 000 kW hat, wobei die Temperatur im Reaktor (32) einen Wert minimal 600°C, maximal 1200°C hat, wobei der Druck im Reaktor (32) einen Wert minimal 0,1 bar, maximal 0,4 bar hat, wobei die Koks Kohle (37) einen Anteil des eingebrachten biogenen Grobstoffes (30) minimal 10%, maximal 20% hat, wobei ein Brenngas generiert wird mit einem Volumenstrom von minimal 2m³/h, maximal 4000 m³/h, wobei das Brenngas eine Zusammensetzung aus Kohlenmonoxid minimal 20%, maximal 40%, aus Wasserstoff minimal 20%, maximal 40% und aus Kohlendioxid und Stickstoff als Rest hat,
- Entfernung von Partikel aus dem Brenngas über einen Zyklon (39), wobei die Temperatur des Brenngases minimal 600°C, maximal 800°C hat, wobei der Druck minimal 0,1 bar, maximal 0,4

bar hat, wobei die Abscheidung der Partikel minimal 95%, maximal 99% beträgt, wobei die Partikeldurchmesser minimal 0,01 mm, maximal 5mm beträgt,

- Reinigung von Brenngas mit Hilfe einer Gasreinigung (40), wobei die Anteile an Partikel $0,01 \text{ mg/m}^3$, maximal 20 mg/m^3 beträgt, wobei die Reinigung mit Hilfe einer Gaswäsche erfolgt, umfassend die Verwendung als Waschfluid Biodiesel, wobei der Anteil an Teeren (polyzyklische Aromate, zyklische Kohlenwasserstoffe) im Brenngas einen Wert minimal von $0,1 \text{ mg/m}^3$, maximal 20 mg/m^3 hat,
- Verdichten von Brenngas aus dem Reaktor (32) über einen elektrisch angetriebenen Wasserring Vakuumverdichter (40), wobei der Druck auf der Saugseite minimal 0,1bar, maximal 0,4 bar beträgt, wobei der Druck auf der Druckseite minimal 1,1 bar, maximal 1,5 bar beträgt, wobei die elektrische Leistung minimal 1kW, maximal 500 kW beträgt,
- Bereitstellen von Brenngas aus dem Reaktor (32) zur Erzeugung von Wärme in einem Dampferzeuger (4), wobei Brenngas mit Luftsauerstoff verbrannt wird und die Heizleistung einen Wert minimal 100kW, maximal 5000 kW hat,
- Bereitstellen von Brenngas aus dem Reaktor (32) zur Erzeugung von Wärme in einem Dampferzeuger (5), wobei Brenngas mit Luftsauerstoff verbrannt wird und die Heizleistung einen Wert minimal 100kW, maximal 5000 kW hat,

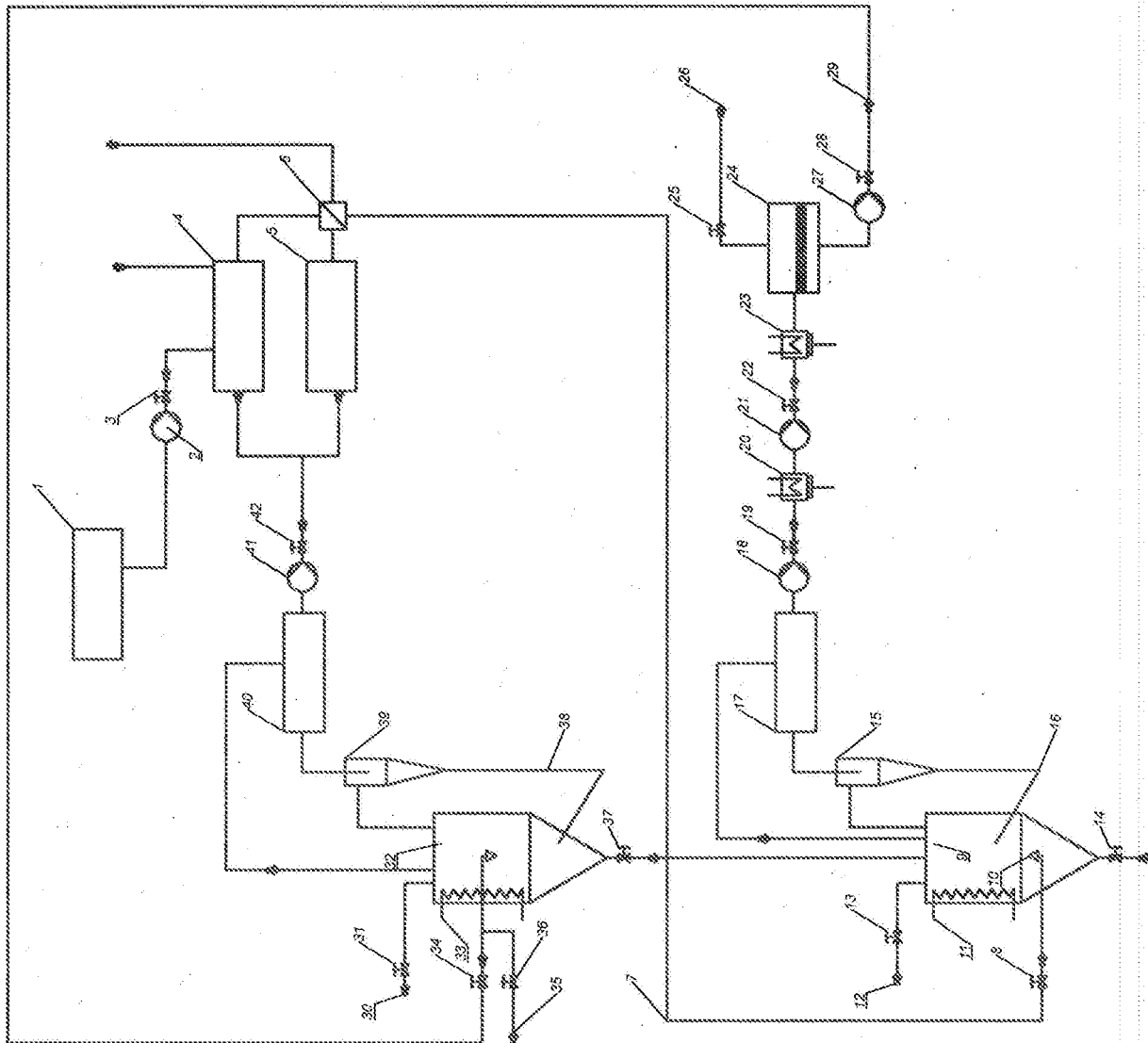


Abbildung 1

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC: C10J 3/54 (2006.01)				
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC: C10J 3/54 (2013.01); C10J 2300/0916 (2013.01); C10J 2300/094 (2013.01); C10J 2300/0976 (2013.01)				
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): C10J				
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI, Volltext-Patentdatenbanken				
Dieser Recherchenbericht wurde zu dem am 14.09.2022 eingereichten Anspruch 1 erstellt.				
Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch		
X	AT 524182 A1 (GS GRUBER-SCHMIDT) 15. März 2022 (15.03.2022) Beschreibung Seiten 3-4; Figur 1; Anspruch 1	1		
X	AT 521211 A1 (GS GRUBER-SCHMIDT) 15. November 2019 (15.11.2019) Figur 1 und darauf bezogene Beschreibung; Anspruch 1	1		
Datum der Beendigung der Recherche: 15.12.2023				
Seite 1 von 1		Prüfer(in): ENGLISCH Julia		
^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldegegenstand 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. </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> 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. </td> </tr> </table>			X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand 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.
X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand 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.			