

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 123/2022  
(22) Anmeldetag: 08.06.2022  
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2023

(51) Int. Cl.: **C10J 3/26** (2006.01)  
**C10J 3/36** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
EP 2526176 B1  
EP 2281864 A1  
AT 514524 B1

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

(54) **Vorrichtung einer Vergasungsanlage die auch als Pyrolyseanlage betrieben werden kann**

(57) Eine Vorrichtung eines Vergasungsreaktors (1), der auch als Pyrolysereaktor (1) betrieben werden kann, aufgebaut als Schachtreaktor, wobei biogenes Substrat (40) über zwei Auf/ Zu Klappen (38,39) am Reaktorkopf über den Deckel (2) eingebracht wird. Das Substrat wird in der Zone (1) gespeichert, bewegt sich in Schwerkraftichtung in die Zone (4), wo es getrocknet und pyrolysiert wird. In der Mitte des Reaktors (1) befindet sich ein Düsenring (6,17) mit Randdüsen (17) und Völdüsen (5) über die Düsen wird Wasserdampf (19), Sauerstoff (44), Luft (30) und Kohlenmonoxid mit Kohlendioxid (25) vorgewärmt über die Wärmetauscher (22,28,33, 47) in den Reaktor eingebracht wird. In der Zone (8) erfolgt die Reduktion des erzeugten Pyrolysegases zu Syngas (14), wobei in der Zone (8) eine elektrische Beheizung (9,10,11) möglich ist. In der Zone (12) wird das Syngas (14) über das Spaltgitter (13) in den Gassammelraum (36) und den Rohrstutzen (15) abgesaugt. Am kegeligen Reaktorboden (37) wird die Kohle über eine gasdichte und druckfeste Schnecke (41) ausgetragen.

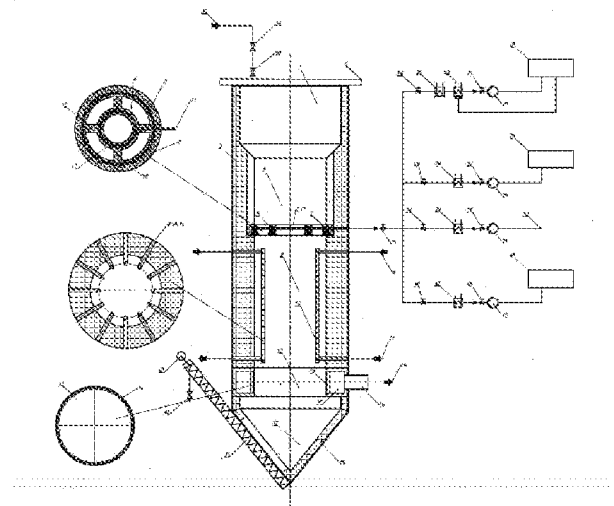


Abbildung 1

## Zusammenfassung

Eine Vorrichtung eines Vergasungsreaktors (1), der auch als Pyrolysereaktor (1) betrieben werden kann, aufgebaut als Schachtreaktor, wobei biogenes Substrat (40) über zwei Auf / Zu Klappen (38,39) am Reaktorkopf über den Deckel (2) eingebracht wird. Das Substrat wird in der Zone (1) gespeichert, bewegt sich in Schwerkraftrichtung in die Zone (4), wo es getrocknet und pyrolysiert wird. In der Mitte des Reaktors (1) befindet sich ein Düsenring (6,17) mit Randdüsen (17) und Volldüsen (5) über die Düsen wird Wasserdampf (19), Sauerstoff (44), Luft (30) und Kohlenmonoxid mit Kohlendioxid (25) vorgewärmt über die Wärmetauscher (22,28,33, 47) in den Reaktor eingebracht wird. In der Zone (8) erfolgt die Reduktion des erzeugten Pyrolysegases zu Syngas (14), wobei in der Zone (8) eine elektrische Beheizung (9,10,11) möglich ist. In der Zone (12) wird das Syngas (14) über das Spaltgitter (13) in den Gassammelraum (36) und den Rohrstutzen (15) abgesaugt. Am kegeligen Reaktorboden (37) wird die Kohle über eine gasdichte und druckfeste Schnecke (41) ausgelesen.

## Vorrichtung einer Vergasungsanlage die auch als Pyrolyseanlage betrieben werden kann

Eine Vorrichtung eines Vergasungsreaktors 1, der auch als Pyrolysereaktor 1 betrieben werden kann, aufgebaut als Schachtreaktor, wobei biogenes Substrat 40 über zwei Auf / Zu Klappen 38,39 am Reaktorkopf über den Deckel 2 eingebracht wird. Das Substrat wird in der Zone 1 gespeichert, bewegt sich in Schwerkraftrichtung in die Zone 4, wo es getrocknet und pyrolysiert wird. In der Mitte des Reaktors 1 befindet sich ein Düsenring 6,17 mit Randdüsen 17 und Völldüsen 5, über die Wasserdampf 19, Sauerstoff 44, Luft 30 und Kohlenmonoxid mit Kohlendioxid 25 vorgewärmt über die Wärmetauscher 22,28,33, 47 in den Reaktor eingebracht wird. In der Zone 8 erfolgt die Reduktion des erzeugten Pyrolysegases zu Synthesegas 14, wobei in der Zone 8 eine elektrische Beheizung 9,10,11 möglich ist. In der Zone 12 wird das Synthesegas 14 über das Spaltgitter 13 in den Gassammelraum 36 und den Rohrstutzen 15 abgesaugt. Am kegelförmigen Reaktorboden 37 wird die Kohle über eine gasdichte und druckfeste Schnecke 41 ausgetragen.

Die Vergasung von biogenen Stoffen in Schachtreaktoren ist bekannt. Unter Vergasung versteht man dabei die Trocknung, Pyrolytisierung und Umwandlung zu einem Synthesegas und Kohlenstoff, wobei die benötigte Wärme durch die Eigenstoffverbrennung im Reaktor stattfindet. Schachtreaktoren sind im chemischen Anlagenbau bekannt. Die Schachtreaktoren haben in der Regel keine Einbauten und die Sauerstoffzuführung oder die Luftzuführung erfolgt vom Reaktormantel aus.

Die Pyrolyse von biogenen Stoffen in Schneckenreaktoren ist bekannt. In der Regel spricht man davon von Niedertemperaturpyrolyse da die Betttemperaturen kleiner als 500°C sind. Die Temperaturbegrenzung ist ein erheblicher Nachteil und leitet sich aus der Reaktorkonstruktion ab. Knetreaktoren oder Schneckenreaktoren haben sich bei der Niedertemperaturpyrolyse durchgesetzt, die Beheizung erfolgt mit Salzschnmelzen oder mit heißem Sand oder elektrisch im Reaktormantel.

Ein Vorteil bei Schachtreaktoren wäre, wenn man diese auch für eine Hochtemperaturpyrolyse einsetzen kann, also bei Betttemperaturen bis zu 1200°C und es eine Kombination von Vergasung und Pyrolyse geben kann. Damit steigert man die Effizienz und Umsetzungsrate in den Reaktoren erheblich.

Die **Aufgabe**, die nun gestellt wird, gesucht ist eine Vorrichtung, die eine Vergasung in einem Schachtreaktor möglich macht, und zudem über eine externe Beheizung verfügt, und über einen Düsenboden verfügt und durch eine zusätzliche Beheizung die Vergasung in eine Pyrolyse und in

eine Wasserdampfvergasung übergeführt werden kann, die Ausführung ist als Schachtreaktor gesucht.

Die Erfindung der Vorrichtung basiert auf einem Schachtreaktor 1, dessen eingebrachtes biogenes Substrat in Schwerkraftrichtung bewegt wird. Der Austrag der Biokohle erfolgt mit Hilfe einer gasdichten und druckfesten Schnecke 41, die elektrisch angetrieben wird 42, und durch die Armatur wird der Kohlebereich des Reaktors 37 gasdicht und druckfest abgeschlossen.

Biogene Stoffe 40 über Auf/Zu Klappen 38,39 am Kopf in den Schachtreaktor 1 eingebracht. Der Schachtreaktor 1 ist mit einem Deckel 2 abgedeckt, da der Reaktor 1 mit Unterdruck betrieben werden kann. Der Unterdruck im Reaktor 1 am Kopf hat einen Wert 0,1 bar, am Saugrohr 15 im unteren Bereich des Reaktors 1 einen Unterdruck 0,4 bar. Der Betrieb des Reaktors 1 im Unterdruck bedeutet, dass das so erzeugte Synthesegas aus dem Reaktor 1 herausgesaugt wird.

Vergasung von biogene Stoffe mit Hilfe von Luftsauerstoff ist in der Massen – und Energiebilanz so definiert, dass die im Reaktor 1 notwendige Wärme durch Zuführung von Luftsauerstoff 30 über den Düsenring 6 in den Reaktor 1 eingebracht. Das so erzeugte Synthesegas 14 hat beispielhaft folgende Zusammensetzung:

CO	23%
H <sub>2</sub>	20%
CO <sub>2</sub>	12%
H <sub>2</sub> O	1%
CH <sub>4</sub>	3%
Inerte Anteile	Rest ( N <sub>2</sub> , Edelgase )

Das Synthesegas hat folgende Eigenschaften:

Dichte	1,0 kg / m <sup>3</sup>
Heizwert	1,5 bis 2,0 kWh / m <sup>3</sup>
Spez. Wärmekapazität	1,1 kJ/kgK

Für die klassische Vergasung mit Hilfe von Luft 30 und den in der Luft enthaltenen Luftsauerstoff ( ~ 22% ) ist eine weitere Beheizung des Kohlebettzone 8 nicht notwendig. Am Beginn der Kohlezone 8 befindet sich dann ein Glutbett, in dem durch die Verbrennung von eingebrachte Biomasse Wärme erzeugt wird. In dem Kohlebett 8 erfolgt eine Reduktion des Synthesegases, wobei sich das so erzeugte Gas 14 abkühlt und eine Temperatur von 650°C hat. Die Luftmenge 30 wird unterstöchiometrisch über die Düsenringe 6,17 dem Reaktor 1 zugeführt. Unter unterstöchiometrisch versteht man eine Luftmenge in der Größenordnung von 10%, dass gerade so viel an Wärmemenge durch Eigensubstratverbrennung erzeugt wird.

Das nach dem Düsenring 6,17 aufgebaute Kohlebett 8 in dem Reaktor 1 hat eine wichtige Funktion in der Gasaufbereitung und Gasumwandlung. Kohlenstoff ist sehr reaktiv, das Bett im Bereich des Düsenringes 6,17 hat eine Temperatur von 800°C bis 1200°C. In dieser Zone reagiert der Kohlenstoff mit dem Wasserdampf, werden langkettige Aromaten aufgespalten wird einfache Kohlenwasserstoff zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff reduziert, da die Temperatur im Bereich von 1000°C eine Pyrolyse von Methan möglich macht. Der Anteil von Methan in diesem Reaktor 1 ist somit ein Gütekriterium für den Vergasungsprozess und der Reduktion zu dem angestrebten Synthesegases 14.

Das im Reaktor 1 erzeugte synthetische Rohgas 14 wird über ein Spaltgitter 13 abgesaugt und in einem Ringraum 36 gesammelt und über die Rohrleitung 15 abgeleitet. Die Funktion des

Spaltgitters 13 hat die Aufgabe große Teil der Kohle zurückzuhalten und so das Absaugen der Kohle zu verhindern.

Das besondere an dieser Erfindung ist, dass in dem Schachtreaktor in der Mitte des Reaktor 1 ein Düsenring 6, 17 verwendet wird, über den ein Gas- und Dampfgemisch dem Reaktor zugeführt wird. Der Vorteil des Düsenringes 6,17 ermöglicht eine nahezu gleichmäßige Verteilung der in den Reaktor 1 eingebrachten Gasströme und Dampfströme.

Werden nun statt Luftsauerstoff 30 Kohlenmonoxid und Kohlendioxid 25 in den Reaktor 1 über den Düsenring 6,17 eingebracht, dann wird eine zusätzliche externe Wärme im Reaktor 1 in der Kohlebereich 8 benötigt. Daher werden in dieser Zone 8 am Umfang verteilt elektrische Beheizung 9,10,11 in Form Heizstäben verwendet werden.

Das so erzeugte Synthesegas 14 hat beispielhaft folgende Zusammensetzung:

CO	40%
H <sub>2</sub>	40%
CO <sub>2</sub>	20%
H <sub>2</sub> O	< 1%
CH <sub>4</sub>	< 1%
Inerte Anteile	< 1%

Das Synthesegas hat folgende Eigenschaften:

Dichte	1,0 kg / m <sup>3</sup>
Heizwert	2,0 bis 3,0 kWh / m <sup>3</sup>
Spez. Wärmekapazität	1,1 kJ/kgK

Wird über die Düsenringe 6,17 und den damit verbundenen Düsen 5, 7 Wasserdampf in den Reaktor 1 eingebracht, dann auch eine Wasserdampfvergasung der biogenen Stoffe und der biogenen Kohle umgesetzt werden:

Syngas	C	H <sub>2</sub> O	↔	CO	H <sub>2</sub>	[ ]		
	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: H<sub>2</sub>O = 1: 1

Wird zudem auch noch Kohlenmonoxid 30 in den Reaktor 1 eingebracht, dann kann eine weitere Vergasungsreaktion mit Wasserdampf bekannt als reversible Shiftreaktion in der Kohlebettzone 8 erreicht werden:

Syngas	C	H <sub>2</sub> O	↔	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	[ ]		
	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: H<sub>2</sub>O = 1: 2

Der Prozess der Wasserdampfvergasung in der Kohlezone 8 des Reaktors 1 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.

Durch das Einbringen von Wärme in Form von elektrischer Energie Heizstäbe 9,10,11 am Umfang des Reaktors in der Kohlezone 8 verteilt in Richtung der Schwerkraft verlaufend können die stark endotherme Reaktion, die bei der Pyrolyse und der Wasserdampfvergasung gegeben sind mit Wärmezuführung unterstützt werden. Das Kohlebett hat dann eine mittlere Temperatur von 800°C bis 1000°C. Das ist für die Umsetzung und Unterstützung der chemischen Reaktionen, die stark endotherm sind ein erheblicher Vorteil.

Bei der Vergasung und Pyrolyse im Reaktor 1 entsteht neben dem Synthesegas 14 auch Biokohle 37, die im unteren Teil des Reaktors gelagert wird. Die Biokohle 37 wird über eine Austragsschnecke 41 aus dem kegeligen Reaktorboden ausgetragen. Durch den Kohleaustrag bewegt sich das Schüttgut im Reaktor 1 in Schwerkraftrichtung nach unten und so kommt neue biogene Stoffmasse in den Zonenbereich der Düsenringe 6,17. Die Geschwindigkeit mit der das Schüttgut sich bewegt liegt bei 1m/h, sodass eine Verweilzeit von mindestens 4 h bis 8 h in dem Reaktor 1 für das Schüttgut gegeben ist. Durch die langsame Bewegung des Schüttgutes ergibt sich der Vorteil, dass auch langsame chemische Prozesse stattfinden können, was zu einer Steigerung der Umsatzrate und Effizienz führt.

Die Temperaturverteilung in dem Reaktor 1 hängt von der Wärmeleitfähigkeit und der Stückigkeit der Stoffe im Reaktor 1 ab. Im Kopfbereich des Reaktors hat man grobes biogenes Substrat mit einer großen Porosität. Das Substrat hat eine Plattenform 100 mm x 80 mm x 20 mm. Im Zonenbereich 4 des Reaktors 1 hat man ein stark getrocknetes und teilweise pyrolytisiertes Substrat, dessen Stückigkeit erheblich reduziert ist. Das Substrat hat eine Plattenform von 50mm x 40mm x 20 mm. Im Zonenbereich 8 hat das Substrat die Form einer groben Biokohle mit einer Stückigkeit von 20mm x 20mm x 20mm. Durch die Bewegung in Richtung Reaktorboden wird die poröse Kohle weiter zerrieben und die Stückigkeit sinkt auf einen Wert 10 mm x 5mm x 5 mm. Im Zonenbereich 37 hat man einen sehr hohen Feinanteil der Biokohle mit einem mittleren Durchmesser  $d_p \sim 2\text{mm}$ .

Auf Grund der unterschiedlichen Körnung des Substrates im Reaktor 1 ergeben sich sehr geringe Wärmeleitfähigkeit im Bereich 1 des Reaktorkopfes mit einer Größenordnung von 15 W/mK, im Bereich 4 steigt die Wärmeleitfähigkeit auf 30 W/mK, in der Zone 8, 12, 37 hat man eine Wärmeleitfähigkeit von 60 W/mK.

Durch die hohen Temperaturen im Reaktor ist eine Ausmauerung 3 notwendig, die sich an die mittleren Temperaturen im Reaktor anpasst. Am Reaktorkopf 1 hat man eine mittlere Temperatur von 150°C, in der Zone 8 eine Temperatur von 400°C, in der Zone 8 eine mittlere Temperatur von

1000°C, in der Zone 12 eine mittlere Temperatur von 650°C, in der Bodenzone 37 eine Temperatur von 250°C.

Die Ausmauerung besteht weitgehend aus feuerfesten Steinen, in der Zone des Gassammelraumes 35 wird Stampfmasse verwendet. Die Funktion der Ausmauerung besteht darin die Wärmeverluste des Reaktor 1 an die Umgebung auf 1% zu reduzieren, und die Außentemperatur des zylindrischen Stahlmantels auf maximal 45°C zu begrenzen.

Der Druckverlust im Reaktor 1 ergibt sich aus der Porosität des Substrates. In der Zone 1 ist die Porosität sehr groß und der Druckverlust mit 0,05 bar gering. In der Zone 4 steigt der Druckverlust auf 0,1 bar, in der Zone 8 steigt der Druckverlust auf 0,15 bar. Im Bereich des Spaltgitters 13 ergibt sich ein weiterer Druckverlust von 0,1 bar, da das Spaltgitter eine starke Filterwirkung und Rückhaltung von Biokohle hat. Der gesamte Druckverlust am Rohstutzen 15 ergibt 0,4 bar.

Das Synthesegas wird bei einem Unterdruck aus dem Reaktor 1 abgesaugt. Der Unterdruck hat den sicherheitstechnischen Vorteil, dass man den Sauerstoffgehalt im Synthesegas als Prozessgröße für die Dichtheit des Reaktors 1 gegen Fremdluft ansehen kann, und so ein Schutzkriterium aufbauen kann. Das ist auch der Grund warum die Austragsschnecke 41 mit der Armatur 43 gasdicht ausgeführt werden muss, um so den Anteil an Falschluff sehr gering zu halten.

In der Zone 8 des Reaktors werden zudem am Umfang verteilt elektrische Heizstäbe 9,10,11 verwendet und eingesetzt. In der Regel werden Heizstäbe mit Abstand von 30° am Umfang verteilt eingesetzt, das ergibt 12 Heizstäbe, wobei jeder Heizstab eine Heizleistung von 10KW bis 100 kW aufweist, wodurch die maximale Heizleistung 1200 KW beträgt.

Damit die Falschluff geringgehalten werden kann, sind der Deckel 2 des Reaktors und die Austragsschnecke für die Biokohle 41 gasdicht ausgeführt. Lediglich bei der Beladung des Reaktors 1 über die Klappe 38, 39 kann Falschluff in den Reaktor 1 gelangen. Daher werden die Klappen gasdicht und druckfest ausgeführt und in abwechselnder Folge schalten. Zwischen den Klappen 38 und 39 befindet sich ein Volumen in der Größenordnung von 500L bis 1000 L, das mit Substrat gefüllt wird und dann nach Öffnen der Klappe 39 in den Reaktor 1 eingetragen wird.

Die gasrichte Schnecke 41 verfügt auf der Seite der Antriebswelle zum Elektromotor 42 eine Stopfbüchse und die Armatur 43 ist gasdicht ausgeführt.

Wird kein Dampf oder Gas in den Reaktor 1 über die Düsenringe 6,17 eingebracht, dann wird über die Auf / Zu Armatur 35 die Zuführung gasdicht verschlossen.

Die Reaktorschale ist aus Kesselstahl (Werkstoffnummer 1.0425) als druckfester Zylinder aufgebaut und kann einen Druck von 16 bar bei Einbauten und Beladung mit Substrat ertragen. Das so reduzierte Volumen kann mit Synthesegas gefüllt werden, das im Störfall zu einer Verpuffung führen kann. Der bei der Verpuffung auftretende Druck nach Bartknecht [1] hat einen Spitzenwert von 10 bar, sodass die Auslegung der Reaktorschale für einen Druck von 16 bar ausreichende Sicherheiten in der Druckfestigkeit gewährleistet.

Der Vorteil dieser Erfindung liegt darin, dass man Reaktoren kleiner Leistung von 100kW thermischer Leistung und Reaktoren großer Thermischer Leistung von 5000 kW nun als Vergasungsreaktoren und als Pyrolysereaktoren betreiben kann, dass zudem für die Pyrolyse eine Betttemperatur von 800°C bis 1000°C möglich ist und damit eine sehr hohe Ausbeute an Synthesegas erreicht und erzielt werden kann.

Als elektrische Energie kommt Energie aus nuklearen Kernprozessen und aus erneuerbarer Energie wie solare Energie und Windenergie zur Anwendung.

## Zeichen und Symbolen

- 1 Schachtreaktor, Einfüllbereich biogene Stoffe
- 2 Deckel
- 3 Ausmauerung
- 4 Trocknungszone, Pyrolysezone
- 5 Düsen
- 6 Düsenstock
- 7 Randdüsen, Düsenring außen
- 8 Vergasungszone, Kohlebett
- 9 elektrischer Heizanschluss
- 10 Heizstab
- 11 elektrischer Heizanschluss
- 12 Ringraum für Gasabsaugung
- 13 Spaltgitter
- 14 Rohgas
- 15 Absaugrohr Rohgas
- 16 Verbindung Düsenring innen und aussen
- 17 Düsenring Innen
- 18 Spaltgitterring
- 19 Wasser
- 20 Pumpe
- 21 Regelarmatur
- 22 Verdampfer
- 23 Überhitzer
- 24 Regelarmatur
- 25 Kohlenmonoxid, Kohlendioxid
- 26 Verdichter
- 27 Regelarmatur
- 28 Überhitzer
- 29 Regelarmatur
- 30 Luft
- 31 Verdichter
- 32 Regelarmatur
- 33 Überhitzer
- 34 Regelarmatur
- 35 Auf/ Zu Armatur
- 36 Saugsammelraum für Synthesegas im Reaktoraustrittsbereich
- 37 Kohlebereich des Reaktors
- 38 Auf / Zu Klappe
- 39 Auf / Zu Klappe
- 40 biogene Stoffe
- 41 Austragsschnecke für Kohle
- 42 Elektrischer Motor für Schnecke 41
- 43 Austragsarmatur
- 44 Sauerstoff
- 45 Verdichter
- 46 Regelarmatur
- 47 Wärmetauscher
- 48 Regelarmatur

## **Symbole**

CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CO	Kohlenmonoxid
H <sub>2</sub> O	Wasser, Wasserdampf
O <sub>2</sub>	Sauerstoff
Luft	Luft

## **Literatur**

- [1] W. Bartknecht, Explosionen: Ablauf und Schutzmaßnahmen, 1992, Verlag Springer, 2. Auflage

## Abbildungen

### Abbildung 1

Die **Abbildung 1** zeigt einen Schachtreaktor 1 der in stehender Form einen geschlossenen Zylindrischen Behälter darstellt, der einen Deckel 2 aufweist und am Kopf des Reaktors 1 ein Eintragsbereich für biogene Stoffe vorhanden ist. Biogene Stoffe 40 werden bereit gestellt und wird über die Auf/Zu Klappen 38,39 in den Reaktor 1 eingebracht. In der Reaktorzone 1 wird das biogene Substrat gelagert und bewegt sich in Schwerkraftrichtung über die Zone 4,8,12, in den kegelförmigen Reaktorboden 37, wo die verbleibende Biokohle über die Schnecke 41 angetrieben mit einem elektrischen Motor 42 ausgetragen wird. In der Reaktormitte befindet sich ein Düsenring 6,17 der Randdüsen 7 und Volldüsen 5 beinhaltet. Über die Düsen kann Luft 30, Wasserdampf 19, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid 30 und Sauerstoff 44 dem Reaktor 1 zugeführt werden. Die Düsen sind in Form von Ringen 6, 17 am Umfang verteilt angeordnet. Zwischen den Düsenringen befindet sich ausreichend Platz und Raum, sodass das Substrat sich im Reaktor von der Zone 4 in die Zone 8 bewegen kann. In der Zone 8 befinden sich am Umfang gleichmäßig verteilt elektrische Heizstäbe 9,10,11, über die Wärme in die Zone 8 eingebracht werden kann. In der Zone 12 befindet sich ein Spaltgitter 13, über das das Synthesegas in einen Gassammelraum 36 gesaugt werden kann, und den Rohstutzen 15 wird das Rohgas 14 abgesaugt. Am Reaktorboden 37, der kegelig ausgeführt ist, befindet sich eine Austragsschnecke 41, die elektrisch über einen Motor angetrieben wird und über eine Auf/Zu Armatur 43 gasdicht abgeschlossen wird.

Wasser wird in einem Behälter 19 bereitgestellt, mit einer Pumpe 20 einem Verdampfer 22 zugeführt und zu Wasserdampf überhitzt 23 und mit einer Regelarmatur dem Düsenringen 6, 17 und im Reaktor 1 über eine Auf/Zu Armatur 35 zugeführt.

Kohlenmonoxid und Kohlendioxid 25 wird in einem Behälter 25 bereitgestellt, mit einem Verdichter 26 einem Wärmetauscher 28 zugeführt und mit einer Regelarmatur 29 dem Düsenringen 6, 17 und im Reaktor 1 über eine Auf/Zu Armatur 35 zugeführt.

Luft 30 wird bereitgestellt, mit einem Verdichter 31 einem Wärmetauscher 33 zugeführt und mit einer Regelarmatur 34 dem Düsenringen 6, 17 und im Reaktor 1 über eine Auf/Zu Armatur 35 zugeführt.

Sauerstoff 44 wird in einem Behälter 44 bereitgestellt, mit einem Verdichter 45 einem Wärmetauscher 47 zugeführt und mit einer Regelarmatur 48 dem Düsenringen 6, 17 und im Reaktor 1 über eine Auf/Zu Armatur 35 zugeführt.

## Ansprüche

1. Vorrichtung zur Vergasung und Pyrolyse von biogenen Stoffen (40) in einem Schachtreaktor (1) mit Hilfe von Wasserdampf(19), Sauerstoff (44), Kohlenmonoxid(25), Luft (30), umfassend folgende Komponenten
  - Bereitstellen von biogenem Substrat (40) mit einer Stückigkeit von minimal 30mm, maximal 100mm, mit einem Wassergehalt minimal 10%, maximal 20%, mit einem Massenstrom minimal von 1kg/h, maximal 1500 kg/h,
  - Einbringen über Doppelklappen (38,39) in den Reaktor (1), wobei die Klappen (38,39) Auf / Zu Klappen sind, mit einem quadratischen Querschnitt mit einer Klappenlänge von minimal 200 mm, maximal 600 mm, wobei das Volumen zwischen den Klappen minimal 100 L, maximal 1000 L beträgt, wobei die Klappen (38,39) hydraulisch betätigt werden und als redundante Schließfunktion mit mechanischen Zugfedern ausgestattet sind, um ein Schließen im Störfall zu gewährleisten, wobei die Klappen gasdicht ausgeführt sind, wobei die Klappen druckfest minimal für einen Druck von 3 bar, maximal 16 bar ausgeführt sind, wobei die Klappen (38,39) abwechselnd betrieben werden, um sicher zu stellen, dass immer nur eine Klappe geöffnet, die andere Klappe geschlossen ist,
  - Bereitstellung von Wasser (19) in einem Behälter (19), drucklos mit einem Volumen von minimal 1L, maximal 10 000L, vollentsalzt mit einer Leitfähigkeit von 0,01µS/cm, maximal 1µS/cm,
  - Verdampfen und Überhitzen von Wasser (19) in einem elektrisch beheizten Verdampfer (22) und einem elektrisch beheizten Überhitzer (23), wobei der Dampfdruck minimal 1bar, maximal 1,5 bar beträgt, die elektrische Heizleistung minimal 1 KW, maximal 1000 KW hat, wobei der Dampf eine Temperatur minimal von 110°C, maximal 150°C hat, wobei der Massenstrom minimal 1kg/h, maximal 1000 kg/h beträgt
  - Bereitstellung von Kohlenmonoxid und Kohlendioxid (25) in einem Behälter (19), drucklos mit einem Volumen von minimal 1L, maximal 10 000L, wobei der Massenstrom an Kohlenmonoxid und Kohlendioxid minimal 1kg/h, maximal 1000 kg/h beträgt wobei der Anteil an Kohlenmonoxid minimal 10%, maximal 50% hat,
  - Erwärmen von Kohlenmonoxid und Kohlendioxid (25) einem elektrisch beheizten Wärmetauscher (29), wobei der Druck minimal 1bar, maximal 1,5 bar beträgt, die elektrische Heizleistung minimal 1 KW, maximal 100 KW hat, wobei das Gas eine Temperatur minimal von 110°C, maximal 150°C hat, wobei der Massenstrom minimal 1kg/h, maximal 1000 kg/h beträgt
  - Bereitstellen von Luft (30) über einen elektrisch angetriebenen Verdichter (31), wobei der Druck minimal 1bar, maximal 1,5 bar beträgt, wobei die elektrische Leistung minimal 1kW, maximal 100kW hat, wobei der Massenstrom minimal 1kg/h, maximal 1000 kg/h beträgt,
  - Erwärmen von Luft (30) einem elektrisch beheizten Wärmetauscher (33), wobei der Druck minimal 1bar, maximal 1,5 bar beträgt, die elektrische Heizleistung minimal 1 KW, maximal 100 KW hat, wobei die Luft eine Temperatur minimal von 110°C, maximal 150°C hat, wobei der Massenstrom minimal 1kg/h, maximal 1000 kg/h beträgt

- Bereitstellen von Sauerstoff (44) in einem Behälter (44) , drucklos mit einem Volumen von minimal 1L, maximal 10 000L, wobei die Temperatur minimal 5°C, maximal 50°C hat,
- Verdichten von Sauerstoff (44) mit einem elektrischen Verdichter (45), wobei der Druck minimal 1bar, maximal 1,5 bar beträgt, wobei die elektrische Leistung minimal 1kW, maximal 100kW hat, wobei der Massenstrom minimal 1kg/h, maximal 1000 kg/h beträgt,
- Erwärmen von Sauerstoff (44) einem elektrisch beheizten Wärmetauscher (47), wobei der Druck minimal 1bar, maximal 1,5 bar beträgt, die elektrische Heizleistung minimal 1 KW, maximal 100 KW hat, wobei das Gas eine Temperatur minimal von 110°C, maximal 150°C hat, wobei der Massenstrom minimal 1kg/h, maximal 1000 kg/h beträgt
- Mischen und Zuführen der Gas- und Dampfströme in den Reaktor (1), wobei der überhitzte Dampf über die elektrisch angetriebene Regelarmatur (24), das erwärmte Kohlenmonoxid und Kohlendioxid über die elektrisch angetriebene Regelarmatur (29), die erwärmte Luft über die Regelarmatur (34) und der erwärmte Sauerstoff über die elektrisch angetriebene Regelarmatur (48) gemischt werden und über eine gasdichte und druckfeste hydraulisch betätigte Auf/zu Armatur (35) dem Düsenstock (6,17) zugeführt wird,
- Bereitstellen eines Reaktor (1) in stehender zylindrischer Schachtausführung mit einem Stahlmantel als äußere Zylinderschale, wobei das Material Kesselstahl (P265GH) ist, wobei die Wandstärke der Zylinderschale minimal 8mm, maximal 24 mm beträgt, wobei der Reaktor (1) eine Ausmauerung aus Feuerfeststeinen besitzt, wobei die Ausmauerung in der Zone der Trocknung mit einer Wandstärke minimal 50mm, maximal 150mm, wobei die Ausmauerung in der Zone der Pyrolyse (4) mit einer Wandstärke minimal 150 mm, maximal 400mm, wobei die Ausmauerung in der Zone der Reduktion (8) mit einer Wandstärke minimal 200mm, maximal 400mm, wobei die Ausmauerung in der Zone des Kohleaustrages (37) mit einer Wandstärke minimal 50 mm, maximal 200mm, wobei die Ausmauerung aus Feuerfeststeinen besteht, die einer Temperatur von minimal 150°C, maximal 1600°C standhalten, wobei in den Mitte des Reaktor (1) ein Düsenboden (6,17) eingesetzt ist, über den Gas- Dampfströme dem Reaktor (1) extern zugeführt werden können, wobei das biogene Substrat (40) in Schwerkraftrichtung bewegt wird,
- Trocknen von biogenem Substrat in der Zone (1) im Reaktor (1), wobei die Trocknung am Kopf des Reaktors (1) erfolgt, wobei die benötigte Trocknungswärme über Wärmeleitung abhängig von der Stückigkeit des eingebrachten Substrates erfolgt und minimal einen Wert von 1 kW, maximal 1000 KW hat, wobei die Porösität minimal 30%, maximal 80% beträgt, wobei die Temperatur einen Wert minimal 100°C, maximal 200°C hat, wobei der Druck einen Wert minimal von 0,1 bar, maximal 0,4 bar hat, wobei das Volumen der Trocknungszone 25% des Gesamtvolumen des Reaktors (1) ausmacht,
- Pyrolysieren von biogenen Substrat in der Zone (4) im Reaktor (1), wobei die das Substrat aus der Trocknungszone in die Pyrolysezone (4) wobei die benötigte Pyrolysewärme über Wärmeleitung abhängig von der Stückigkeit des eingebrachten Substrates erfolgt und minimal einen Wert von 1 kW, maximal 1000 KW hat, wobei die Porösität minimal 10%, maximal 30% beträgt, wobei die Temperatur einen Wert minimal 200°C, maximal 600°C hat, wobei der Druckverlust einen Wert minimal von 0,01 bar, maximal 0,05 bar hat, wobei das Volumen der Pyrolysezone 25% des Gesamtvolumen des Reaktors (1) ausmacht,
- Verteilung mit einem Düsenstock (6,17), der in der Mitte des Reaktors (1) nach der Zone (4) angebracht ist, der aus einem Düsenring (17) mit am Umfang verteilten Randdüsen (7) besteht, wobei die Anzahl der Düsen (7) minimal 4, maximal 16 beträgt, wobei der Düsenstock auch aus einem Düsenring (6) mit den Düsen (5) am Umfang verteilt besteht, die beiden Düsenringe (6) und (17) mit Stege (16) verbunden sind minimal 2, maximal 4,

- wobei das Gas und Dampfgemisch über die Rohrleitung (21) zugeführt wird, die aus dem Werkstoff Kesselstahl ( P265GH) besteht und einen Durchmesser minimal von 20mm, maximal von 50mm hat, wobei die Randdüsen (7) nur das Gas und Dampfgemisch nur einseitig in den Reaktor eindüsen können mit einem Durchmesser minimal 10mm, maximal 20mm , wobei die Düsen (5) das Gas und Dampfgemisch beidseitig in den Reaktor eindüsen mit einem Durchmesser minimal 10mm, maximal 20mm, wobei die Düsenringe mit feuerfester Stampfmasse ummantelt ist, die umliegende Reaktorbetttemperatur von 1600°C auf minimal 200°C, maximal 400°C reduziert, wobei der Düsenstock (6,17) als Einheit in die Reaktorausmauerung eingesetzt wird, und daher jederzeit herausnehmbar und austauschbar ist,
- Reduktion des Pyrolysegas aus der Reaktorzone (4) in einer Kohlebettzone (8) des Reaktors (1) zu Synthesegas (14) erfolgt, wobei die Porösität minimal 5%, maximal 30% beträgt, wobei die Temperatur einen Wert minimal 600°C, maximal 1000°C hat, wobei der Druckverlust einen Wert minimal von 0,01 bar, maximal 0,05 bar hat, wobei das Volumen der Kohlebettzone 25% des Gesamtvolumen des Reaktors (1) ausmacht,
  - Beheizung der Kohlebettzone (8) des Reaktors (1) mit elektrischen Heizrohren (9,10,11), wobei die Heizstäbe am Umfang verteilt sind und die Anzahl minimal 4,maximal 16 beträgt, wobei die elektrische Heizleistung minimal 1KW, maximal 100kW beträgt, wobei die Heiztemperatur minimal 600°C, maximal 1600°C beträgt, wobei die Heizstäbe (10) in einem keramischen Rohr aus Siliziumcarbid eingebracht und vor dem Kohlenstoff in der Bettzone (8) geschützt sind, wobei die Heizstäbe aus einer Heizwendel aus Widerstanddraht bestehen, die in einem Keramikmantel geführt sind, wobei der Durchmesser des keramischen Rohres minimal 30mm, maximal 60mm beträgt, wobei der Durchmesser der Heizwendel minimal 20mm, maximal 50 mm beträgt, wobei die Länge des keramischen Rohres minimal 300 mm, maximal 2000 mm beträgt, wobei die Heizstäbe mit Gleichstrom versorgt werden und die Spannung minimal 12V, maximal 48V hat,
  - Rückhalt der unverbrauchten Kohle aus dem Kohlebett (8) mit einem Spaltgitter (13) im Reaktor (1) im Ansaugbereich (36) des synthetischen Gases (14), wobei das Spaltgitter aus hitzebeständigen Stahl ( aus bekannt als Ofenblech mit der Werkstoffnummer 1.4849 ) besteht, der eine Temperatur von minimal 800°C, maximal 1200°C erträgt, wobei das Spaltgitter aus gleichschenkeligen 90° Winkelprofilen besteht, die am Umfang gleichmäßig verteilt angeordnet sind, wobei der Spalt einen Wert minimal von 2mm, maximal von 8mm hat, wobei die Profile eine Länge minimal von 200mm, maximal 600mm haben, wobei die Schenkellänge der Profile minimal 20mm, maximal 80mm beträgt, wobei der Druckverlust durch das Spaltgitter minimal 10Pas, maximal 50 Pas beträgt,
  - Gasabsaugung (14) über einen Sammelraum (36) und einem Rohr (15) erfolgt, wobei das Rohr aus hitzebeständigen Stahl ( aus bekannt als Ofenblech mit der Werkstoffnummer 1.4849 ) besteht, das eine Temperatur von minimal 500°C, maximal 1200°C erträgt, wobei das Rohr einen Durchmesser minimal 50 mm, maximal 250mm hat, wobei der Ringraum (36) am Umfang verteilt ist, wobei der Ringraum eine Höhe minimal von 20mm, maximal 600mm hat, wobei der Ringraum eine Breite minimal von 100mm, maximal 300mm hat, wobei der Ringraum aus feuerfester Stampfmasse gebaut ist, wobei der Druckverlust im Ringraum minimal 10Pas, maximal 10 Pas beträgt, wobei der Volumenstrom an abgesaugtem Gas minimal 1m<sup>3</sup>/h, maximal 5000 m<sup>3</sup>/h beträgt,
  - Sammeln und Austrag der Kohle aus dem Reaktor (1) aus der Kohlesammelraum (37), wobei die Sammlung am Reaktorboden in Form eines Kegels erfolgt, wobei der Kegel aus Kesselstahl (P265GH) hergestellt ist, wobei der Sammelraum (37) ein Volumen des Reaktors von 15% beträgt, wobei die Kohle eine Temperatur minimal von 200°C, maximal 600°C hat, wobei auf der Innenseite des Kegels eine Ausmauerung mit feuerfesten Steinen

vorhanden ist, die eine Reduktion der Betttemperatur auf minimal 50°C, maximal 100°C ermöglicht, wobei die Kohle mit einer seelenlosen Schnecke (41) ausgetragen wird, die gasdicht und druckfest ausgeführt ist, wobei die Schnecke einen Durchmesser minimal von 100 mm, maximal 200mm hat, wobei die Schnecke elektrisch angetrieben wird, wobei mit der Schnecke minimal 5%, maximal 20% der Biomasse als Kohle ausgetragen wird, wobei die Gasdichtheit mit Hilfe einer Stopfbüchse auf der Antriebsseite der Schnecke erreicht wird, wobei die Schnecke mit einer Auf/Zu Armatur (42) gegen falschen Lufteintritt in den Kohlesammelraum (37) geschützt ist, wobei die Drehzahl der Schnecke minimal 1U/min, maximal 50 U/min hat, wobei die elektrische Antriebsleistung des Motors (42) der Schnecke minimal 1kW, maximal 20 kW hat,

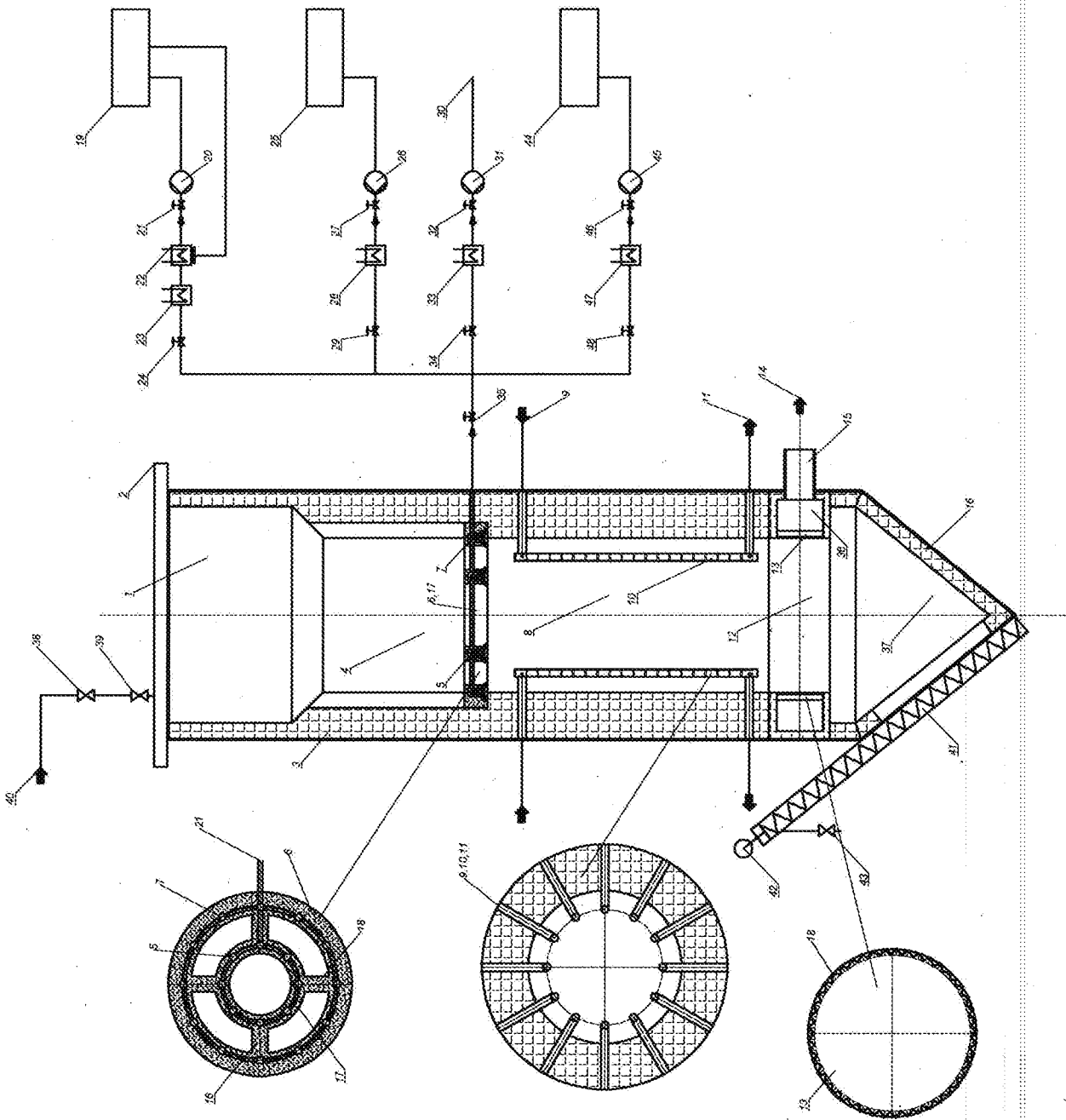


Abbildung 1

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC: C10J 3/26 (2006.01); C10J 3/36 (2006.01)
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC: C10J 3/26 (2013.01); C10J 3/36 (2013.01)
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): C10J
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI, Volltext-Patentdatenbanken
Dieser Recherchenbericht wurde zu dem am 08.06.2022 eingereichten Anspruch 1 erstellt.

Kategorie <sup>*)</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	EP 2526176 B1 (ZEROPOINT CLEAN TECH, INC.) 19. Oktober 2016 (19.10.2016) Figuren 2 und 3 und darauf bezogene Beschreibung	1
X	EP 2281864 A1 (SAILER WALTER) 09. Februar 2011 (09.02.2011) Figuren 1 bis 3 und darauf bezogene Beschreibung	1
X	AT 514524 B1 (GELHART JOSEF, KIRSTEDTER MARTIN) 15. Mai 2016 (15.05.2016) Figur 1 und darauf bezogene Beschreibung	1

Datum der Beendigung der Recherche: 29.09.2023	Seite 1 von 1	Prüfer(in): ENGLISCH Julia
---	---------------	-------------------------------

<sup>*)</sup> <b>Kategorien</b> der angeführten Dokumente: <b>X</b> Veröffentlichung <b>von besonderer Bedeutung</b> : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. <b>Y</b> Veröffentlichung <b>von Bedeutung</b> : 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 <b>Verbindung für einen Fachmann naheliegend</b> ist.	<b>A</b> Veröffentlichung, die den allgemeinen <b>Stand der Technik</b> definiert. <b>P</b> Dokument, das von <b>Bedeutung</b> ist (Kategorien <b>X</b> oder <b>Y</b> ), jedoch <b>nach dem Prioritätstag</b> der Anmeldung veröffentlicht wurde. <b>E</b> Dokument, das <b>von besonderer Bedeutung</b> ist (Kategorie <b>X</b> ), aus dem ein „ <b>älteres Recht</b> “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). <b>&amp;</b> Veröffentlichung, die Mitglied der selben <b>Patentfamilie</b> ist.
---	---