

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
08. Februar 2018 (08.02.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/024404 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C10J 3/18 (2006.01) C10J 3/54 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/065515

(22) Internationales Anmeldedatum:

23. Juni 2017 (23.06.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2016 214 242.9

02. August 2016 (02.08.2016) DE

(71) Anmelder: **THYSSENKRUPP INDUSTRIAL SOLUTIONS AG** [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE). **THYSSENKRUPP AG** [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

(72) Erfinder: **ABRAHAM, Ralf**; Lessingstr. 66, 59192 Bergkamen (DE). **PAVONE, Domenico**; Voßkuhlstraße 1, 44797 Bochum (DE). **TOPOROV, Dobrin**; Skellstraße 2, 44141 Dortmund (DE). **MAREK, Peter**; Bozenerstr. 1a, 44229 Dortmund (DE).

(74) Anwalt: **THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PROPERTY GMBH**; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,

(54) Title: FACILITY AND METHOD FOR TRANSFORMING CARBON-CONTAINING FUELS INTO SYNTHESIS GAS

(54) Bezeichnung: ANLAGE UND VERFAHREN ZUR UMWANDLUNG KOHLENSTOFFHALTIGER BRENNSTOFFE IN SYNTHESSEGAS

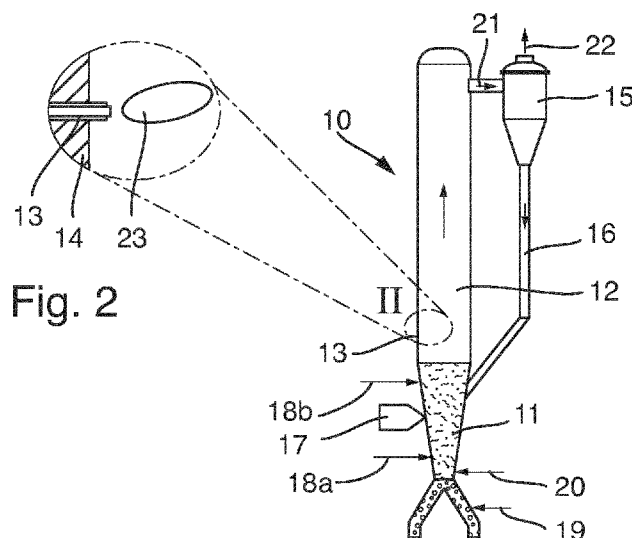


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a facility for transforming carbon-containing fuels into synthesis gas, comprising a reactor (10) comprising at least one fluidised bed zone (11) in which a gasification of the fuels is carried out by a gasification agent, and at least one region (12) arranged in the flow path downstream of the fluidised bed zone (11), in which a post-gasification of the fluid flow leaving the fluidised bed zone (11) is carried out by means of at least one plasma torch (13). According to the invention, the at least one plasma torch (13) is arranged such that the flame thereof is released into the reactor (10) which comprises the fluidised bed zone (11). The invention relates to a facility for transforming carbon-containing fuels into synthesis gas, by means of which different feedstock can be gasified in a fluidised bed optionally at high pressures with a high level of safety and availability. The use of a plasma burner (13) allows an improved transformation of the volatile substances and saves using oxygen, the costly gasification agent which is otherwise used during the post-gasification.



OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anlage zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas umfassend einen Reaktor (10) mit mindestens einer Wirbelschichtzone (11), in der eine Vergasung der Brennstoffe durch Vergasungsmittel erfolgt, sowie mit mindestens einem im Strömungsweg der Wirbelschichtzone (11) nachgeordneten Bereich (12), in dem mittels wenigstens eines Plasmabrenners (13) eine Nachvergasung des aus der Wirbelschichtzone (11) austretenden Fluidstroms erfolgt. Erfindungsgemäß ist der wenigstens eine Plasmabrenner (13) derart angeordnet, dass dessen Flamme in den Reaktor (10), welcher die Wirbelschichtzone aufweist (11), hinein abgegeben wird. Die Erfindung stellt eine Anlage zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas zur Verfügung, mittels derer sich unterschiedliche Einsatzstoffe in einer Wirbelschicht gegebenenfalls bei höheren Drücken bei hoher Sicherheit und Verfügbarkeit vergasen lassen. Durch den Einsatz eines Plasmabrenners (13) erhält man eine bessere Umsetzung der flüchtigen Substanzen und spart das sonst bei der Nachvergasung eingesetzte kostspielige Vergasungsmittel Sauerstoff ein.

Anlage und Verfahren zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anlage zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas umfassend einen Reaktor mit mindestens einer Wirbelschichtzone, in der eine Vergasung der Brennstoffe durch Vergasungsmittel erfolgt, sowie mit mindestens einem im Strömungsweg der Wirbelschichtzone nachgeordneten Bereich, in dem mittels wenigstens eines Plasmabrenners eine Nachvergasung des aus der Wirbelschicht austretenden Fluidstroms erfolgt.

HINTERGRUND

Verfahren zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in der Wirbelschicht sind seit langem bekannt. Insbesondere ist hier das Hochtemperatur-Winkler-Verfahren (HTW-Verfahren) zu nennen, welches als erprobte Technologie gilt, mit der sowohl stückige als auch flüssige oder pastöse Brennstoffe in Synthesegas umgewandelt werden. Als Brennstoff kommen auch schwierige Brennstoffe mit sehr hohem Ascheanteil sowie biologisch basierte Brennstoffe zur Anwendung. Diese werden in eine Wirbelschicht, die als blasenbildende Wirbelschicht betrieben wird, eingeführt und mit Sauerstoff vergast. Das HTW-Verfahren arbeitet gegenüber anderen Vergasungsverfahren bei vergleichsweise moderaten Temperaturen, bei denen die entstehende Asche nicht schmelzflüssig den Vergasungsreaktor verlässt. Dies hat insbesondere bei korrosiven Aschen betriebliche Vorteile.

Bei den bekannten HTW-Verfahren erfolgt die Vergasung in der Regel über getrennte Düsen mit den Vergasungsmitteln, beispielsweise Wasserdampf, Kohlendioxid, Sauerstoff oder Luft. Diese Düsen sind beispielsweise in verschiedenen Ebenen angeordnet, zum Beispiel sowohl in der Wirbelbettzone als auch in der so genannten Freibordzone (FB). In dieser Freibordzone (FB) wird eine hohe Material- und Energieübertragungsrate erreicht und über die Rückführung der nicht umgesetzten Feststoffanteile über den Zyklon und Rückführleitung in die Wirbelschicht kann eine gleichmäßige Temperaturverteilung über die Wirbelschicht gesichert werden. Um die Bildung von Partikelagglomerationen zu vermeiden, sollte die Temperatur des Wirbelbettes unter der Temperatur des Ascheerweichungspunktes gefahren werden.

Zusätzlich werden beim herkömmlichen HTW-Verfahren Vergasungsmittel, in der Regel Sauerstoff, in die FB-Zone, die sich über dem Wirbelbett befindet, eingetragen. Durch die

Injektion dieses „sekundären“ Sauerstoffs werden verschiedene Effekte erreicht, nämlich zum einen die Umsetzung eines Teils des fein verteilten Brennstoffes, welcher aus dem Wirbelbett ausgetragen wird und zum anderen soll die Temperatur der Gase erhöht werden, so dass eine weitere Oxidation und/oder ein Cracken der aus dem Einsatzstoff ausgetriebenen flüchtigen Substanzen (Teere und Kohlenwasserstoffe) erfolgen kann. Gleichzeitig erfolgt eine Reaktion der feinen verteilten Brennstoffpartikel mit Dampf und CO_2 .

Der Anteil des Gesamtsauerstoffs oberhalb der Wirbelschicht liegt bei einem HTW-Verfahren beispielsweise zwischen etwa 40 % und etwa 10 %. Um die Verschlackung in der Nachvergasungszone zu vermeiden, sollten die Temperaturen vorzugsweise bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten, dabei sollte die Betriebstemperatur vorzugsweise mindestens etwa 100 °C unter dem Ascheerweichungspunkt liegen. Hierzu kann man Dampf mit Sauerstoff mischen und in den Reaktor einbringen. Die Zugabe von Sauerstoff in die Nachvergasungszone führt jedoch dazu, dass es zu einer teilweisen Verbrennung des Synthesegasreservoirs ($\text{CO} + \text{H}_2$) kommt und folglich zu einer Reduzierung der Synthesegas-Ausbeute.

Grundsätzlich ist die Plasmavergasung aus dem Stand der Technik bekannt. Beispielsweise wird in der US 5,958,264 ein Verfahren zur Vergasung brennbarer Abfallstoffe beschrieben, bei dem eine Verglasung der Asche aus einem vorhergehenden Vergasungsprozess in einem weiteren Ofen erfolgt, in dem ein Lichtbogenplasma erzeugt wird. Ein solcher Plasmaofen arbeitet bei sehr hohen Temperaturen von bis zu 1700 °C, so dass die Asche geschmolzen wird. Aufgrund der hohen Temperaturen muss der außen aus Stahl bestehende Ofen mit einem feuerfesten Material ausgekleidet werden. Über die Lichtbogenelektroden wird hier ein Plasma in dem gesamten Ofen erzeugt. Das bekannte Verfahren ist zweistufig und verwendet zwei separate Reaktoren/Öfen. Die Asche aus dem ersten Prozessschritt muss von oben her in den zweiten Ofen überführt werden, in dem die Verglasung erfolgt. Außerdem muss aus diesem Ofen, in dem das Plasma erzeugt wird, die geschmolzene Schlacke im unteren Bereich abgeführt werden. Das Verfahren ist somit insgesamt apparativ aufwändig und erfordert einen hohen Energieeinsatz.

Die DE 35 37 758 A1 beschreibt einen Kohlevergaser mit einem Wirbelschichtbett, wobei das Gas über einen Auslass abgeführt und über die Leitungen wieder in den Vergaser zurückgeführt wird und wobei außerdem über eine Leitung Sauerstoff zugeführt wird. In dieser Druckschrift wird auch die Möglichkeit erwähnt, das Vergasungsmittel durch einen

Plasmabrenner vorzuwärmen. Dadurch ist es möglich, rückgeführtes Prozessgas auf diese Weise vorzuwärmen und zum Wärmeeintrag in den Vergaser zu benutzen. Der dazu verwendete Plasmabrenner befindet sich somit außerhalb des Reaktors, in dem die Wirbelschichtvergasung stattfindet. Das aus dem Wirbelschichtreaktor austretende Gas wird zur Abscheidung von Staub durch einen Heißzyklon geführt und dann über eine Leitung in Höhe des Wirbelbetts wieder in den Reaktor zurückgeführt. Dabei erfolgt die Vergasung des Staubes mittels über eine Leitung zugeführten Sauerstoffs. Der Reaktor ist hier durchgehend von unten nach oben sich konisch erweiternd ausgebildet.

Die EP 0 153 235 B1 beschreibt ebenfalls ein Verfahren zur Herstellung von Synthesegas, bei dem die Vergasung zunächst bei moderater Temperatur von 700 bis 800 °C erfolgt, wobei in einem Wirbelbett gearbeitet wird. Um anschließend den Synthesegas-Anteil zu erhöhen, wird ein zweiter so genannter Konversionsreaktor eingesetzt, in den die Abgase aus dem Vergasungsreaktor eingeführt werden. Wie man in Figur 2 dieser Schrift erkennt, wird am Eingang des Konversionsreaktors das eingedüste Gas auf eine sehr hohe Temperatur gebracht, wozu ein Plasmabrenner verwendet werden kann. Die Temperatur kann dadurch in der Eintrittszone des zweiten Reaktors auf 3000 bis 5000 °C gebracht werden. Der zweite Konversionsreaktor dient bei diesem bekannten Verfahren dazu den im Synthesegas enthaltenen Anteil an Methan und höheren Kohlenwasserstoffen durch Reaktion mit ebenfalls im Gasstrom enthaltenem Wasserdampf zu senken. Die Temperatur im Konversionsreaktor liegt bei 1200 °C bis 1500 °C. Nachteilig ist allerdings, dass dadurch der CO₂-Anteil im Gas ansteigt. In dieser Schrift wird weiter vorgeschlagen, einerseits den Gasstrom aus der Wirbelschichtvergasung in den Konversionsreaktor einzuleiten und andererseits ein weiteres Gas über einen Plasmabrenner auf eine sehr hohe Temperatur zu erhitzen und in den Konversionsreaktor zu injizieren. Das injizierte weitere Gas kann Wasserstoff oder Stickstoff sein. Da bei dieser bekannten Anlage zwei separate Reaktoren verwendet werden, ergibt sich ein höherer apparativer Aufwand.

Weitere Anordnungen, insbesondere Wirbelschicht-Reaktoren, sowie weitere Arten von Vergasungsmittel-Zufuhr werden in den Veröffentlichungen DE 10 2007 006 982 B4, AT 503 517 A1, DE 10 2011 051 906 A1, DE 10 2013 107 311 A1 oder EP 1 201 731 A1 beschrieben.

BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Anlage sowie ein entsprechendes Verfahren zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas mit den Merkmalen der eingangs genannten Gattung zur Verfügung zu stellen, mittels derer sich unterschiedliche Einsatzstoffe in einer Wirbelschicht gegebenenfalls bei höheren Drücken bei hoher Sicherheit und Verfügbarkeit vergasen lassen und welche wirtschaftlich arbeiten.

Die Lösung dieser Aufgabe liefert eine Anlage zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 9.

Bei der erfindungsgemäßen Anlage ist wenigstens ein Plasmabrenner derart angeordnet, dass dessen Flamme in den Reaktor, welcher die Wirbelschichtzone aufweist, hinein abgegeben wird. Die Anlage umfasst somit einen Reaktor, in dem sowohl die Wirbelschichtvergasung erfolgt als auch die Nachvergasung mittels wenigstens eines Plasmabrenners erfolgt. Auch die Wirbelschichtvergasung kann ggf. mittels wenigstens eines Plasmabrenners erfolgen. Durch den Einsatz eines Plasmabrenners erhält man eine bessere Umsetzung der flüchtigen Substanzen, spart aber das Vergasungsmittel Sauerstoff ein. Da beide Prozesse in nur einem Reaktor ablaufen, erreicht man dies mit einem reduzierten apparativen Aufwand.

Die Kosten für die Produktion des reinen Sauerstoffs bei einem herkömmlichen HTW-Vergasungsverfahren sind extrem hoch und beeinflussen daher erheblich die Wirtschaftlichkeit des HTW-Vergasungsverfahrens. Reiner Sauerstoff wird beispielsweise durch kryogene Luftzerlegung gewonnen. Dabei muss die zugeführte Luft gefiltert, verdichtet und auf ca. – 185 °C abgekühlt werden. Der verflüssigte Luftstrom muss anschließend in Destillationstürmen destilliert werden. Danach erfolgt die Trennung je nach Siedepunkt in Einzelkomponenten. Daher ist die erfindungsgemäße Lösung vorteilhaft, denn die sonst verwendeten Sauerstoffanlagen können bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vollständig oder teilweise durch Plasmabrenner ersetzt werden.

Vorzugsweise ist gemäß einer Weiterbildung der Erfindung der Bereich, in dem die Nachvergasung erfolgt, in dem gleichen Reaktor oberhalb der Wirbelschichtzone angeordnet. Dies ermöglicht es, mit zwei unterschiedlichen Temperaturzonen in einem Reaktor zu arbeiten, wobei die Temperatur in der Wirbelschichtzone geringer ist als in dem Bereich der Nachvergasung.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung kann der wenigstens eine Plasmabrenner beispielsweise mindestens teilweise in der Wandung des Reaktors angeordnet sein, welcher auch die mindestens eine Wirbelschichtzone aufweist.

Beispielsweise kann der (oder die) Plasmabrenner derart angeordnet sein, dass das Plasma/die Flamme in etwa radialer Richtung bezogen auf den Reaktor und/oder etwa quer zur Strömungsrichtung des Fluids im Bereich der Nachvergasung in den Reaktor abgegeben wird.

Der bzw. die Plasmabrenner ist/sind bevorzugt derart angeordnet, dass das Plasma/die Flamme oberhalb der Wirbelschichtzone in den Reaktor hinein abgegeben wird. Der aus der Wirbelschichtzone nach oben hin (in der Regel axial bezogen auf den Reaktor) austretende Fluidstrom wird dann bevorzugt etwa quer zu seiner Strömungsrichtung von der Flamme des Plasmabrenners beaufschlagt.

Vorzugsweise ist dabei der Bereich des Reaktors, in dem die Nachvergasung erfolgt, etwa zylindrisch ausgebildet und/oder der Reaktor ist im Bereich der Wirbelschichtzone etwa konisch sich in Strömungsrichtung des Fluids erweiternd ausgebildet.

Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Anlage einen im Strömungsweg dem Bereich, in dem die Nachvergasung erfolgt, nachgeschalteten Zyklonabscheider umfasst. Nach Durchlaufen des Bereichs der Nachvergasung kann dann eine Abscheidung von Feststoffanteilen in diesem Zyklonabscheider erfolgen und anschließend kann der so gereinigte Fluidstrom über eine von dem Zyklonabscheider ausgangsseitig abgehende Rückführleitung, welche in die Wirbelschichtzone des Reaktors mündet in die Wirbelschichtzone zurückgeführt werden, so dass erneut sowohl der Bereich der Wirbelschicht als auch die Nachvergasungszone durchlaufen werden.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist weiterhin ein Verfahren zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas, bei dem in einem Reaktor mit mindestens einer Wirbelschichtzone eine Vergasung der Brennstoffe durch Vergasungsmittel erfolgt, wobei in mindestens einem im Strömungsweg der Wirbelschichtzone nachgeordneten Bereich mittels wenigstens eines Plasmabrenners eine Nachvergasung des aus der Wirbelschichtzone austretenden Fluidstroms vorgesehen ist, wobei erfindungsgemäß die Nachvergasung mittels des wenigstens einen Plasmabrenners in dem Reaktor erfolgt, welcher die Wirbelschichtzone umfasst.

Bevorzugt erfolgt gemäß der Erfindung die Nachvergasung in dem Bereich, der von wenigstens einem Plasmabrenner beaufschlagt wird, bei einer höheren Temperatur als die Vergasung in der Wirbelschichtzone.

Beispielsweise erfolgt die Vergasung in der Wirbelschichtzone bei einer Temperatur von etwa 750 °C bis 850 °C und die Nachvergasung bei einer um wenigstens etwa 100 °C höheren Temperatur, vorzugsweise bei einer Temperatur von wenigstens etwa 900 °C, besonders bevorzugt bei einer Temperatur im Bereich von etwa 950 °C bis etwa 1200 °C. Es bilden sich also zwei unterschiedliche Temperaturzonen aus, nämlich die Wirbelschichtzone mit Temperaturen von beispielsweise um die 800° +/- etwa 50 °C und die Nachvergasungszone mit beispielsweise etwa 1000 °C +/- etwa 100 °C.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist die Flamme des Plasmabrenners zum Beispiel eine maximale Temperatur im Flammenkern von etwa 3500 °C bis etwa 4500 °C auf.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung der wenigstens eine Plasmabrenner mit wenigstens einem reduzierenden und/oder wenigstens einem oxidierenden Gas betrieben werden.

Beispielsweise kann der wenigstens eine Plasmabrenner mit einem Fluidstrom umfassend wenigstens eines der Fluide ausgewählt aus Dampf, Luft, Sauerstoff, Stickstoff und CO₂ betrieben werden. Die Verwendung von Dampf ist vorteilhaft, weil dessen Produktion besonders kostengünstig ist, außerdem ist er besonders reaktiv. Die Flamme des Plasmabrenners enthält Radikale wie zum Beispiel O, H, OH, O₂, H₂ und H₂O und eine Temperatur von beispielsweise im Bereich von etwa 4000 °C. Als Resultat der sehr heißen lokalen Flammentemperatur und des hohen Angebots an hochreaktiven Radikalen können Teere und Kohlenwasserstoffe gekrackt werden. Zusätzlich wird die erhöhte Synthesegastemperatur und die Konversion des Bettmaterials positiv durch die heterogene Reaktion von Dampf und CO₂ beeinflusst.

Die Plasmatemperatur lässt sich vorzugsweise dadurch kontrollieren, dass im Bereich des Plasmabrenners, Dampf und/oder CO₂ eingedüst wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt bevorzugt die Vergasung in einer druckaufgeladenen Wirbelschicht, wobei die Vergasung in der Wirbelschichtzone

vorzugsweise bei einem Druck von wenigstens etwa 1 bar, insbesondere von wenigstens etwa 5 bar bis etwa 40 bar erfolgt.

FIGURENBESCHREIBUNG

Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher beschrieben. Dabei zeigen

Figur 1 eine schematisch vereinfachte Ansicht einer erfindungsgemäßen Anlage im teilweisen Längsschnitt;

Figur 2 einen vergrößerten Ausschnitt eines Details II von Figur 1;

Figur 3 eine schematisch vereinfachte Darstellung eines im Rahmen der vorliegenden Erfindung verwendbaren Plasmabrenners.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

Nachfolgend wird zunächst auf die Figur 1 Bezug genommen und anhand dieser wird beispielhaft der prinzipielle Aufbau einer erfindungsgemäßen Anlage erläutert. Die Anlage umfasst einen Reaktor 10, in dem die Vergasung der kohlenstoffhaltigen Brennstoffe erfolgt. Dieser Reaktor 10 umfasst in einem unteren konisch sich nach oben hin erweiternden Abschnitt eine Wirbelschichtzone 11. Der Brennstoff wird der Wirbelschicht beispielsweise über eine dort seitlich angeordnete Zuführeinrichtung 17 zugeführt, die hier nur schematisch durch einen Pfeil angedeutet ist. Im Bereich dieser Wirbelschichtzone 11, in der die Vergasung der Brennstoffe erfolgt, sind weiterhin am Reaktor 10 diverse Zuführeinrichtungen wie Leitungen und/oder Düsen vorgesehen, mittels derer die Zufuhr der Vergasungsmittel erfolgt, wobei auch diese Zuführeinrichtungen nur jeweils durch Pfeile schematisch angedeutet sind. Dies sind beispielsweise mehrere Zuführeinrichtungen 18 a, 18 b für Sauerstoff und/oder Dampf, die am Reaktor 10 in unterschiedlichen Höhenabständen zum unteren Ende der Wirbelschichtzone 11 und voneinander beabstandet angeordnet sein können.

Weiterhin ist eine Zuführeinrichtung 19 für CO₂, beispielsweise im unteren Endbereich der Wirbelschichtzone 11 vorgesehen, wobei mehrere Zugänge für CO₂ vorhanden sein können. Insbesondere können ein oder zwei Ascheabzüge für die Zufuhr von CO₂ in die Wirbelschicht vorgesehen sein.

Am oberen Ende der Wirbelschichtzone 11 geht die sich zunächst kontinuierlich konisch nach oben hin erweiternde Form des Reaktors 10 in einen zylindrischen Bereich 12 mit dann in Strömungsrichtung gleichbleibendem Querschnitt über. In diesem zylindrischen Bereich 12 erfolgt die Nachvergasung. Dazu ist beispielsweise in der Wandung 14 des Reaktors 10 im Bereich 12 ein Plasmabrenner 13 angeordnet, welcher seine Flamme etwa in radialer Richtung in den Innenraum des Reaktors 10 hinein abgibt, so dass die Flamme des Plasmabrenners 13 etwa in Querrichtung bezogen auf die axiale Strömung des Fluids ausgerichtet ist, welches im Reaktor in dem Bereich der Nachvergasung in Längsrichtung des Reaktors 10 nach oben hin strömt. Am oberen Ende tritt der Fluidstrom aus dem Reaktor seitlich aus und gelangt über eine Verbindungsleitung 21 in einen Zyklonabscheider 15, in dem eine Abscheidung von Feststoffanteilen erfolgen kann. Die abgeschiedenen Feststoffe treten nach unten hin aus dem Zyklonabscheider 15 aus und strömen über die Rückführleitung 16 zurück, wobei diese Rückführleitung 16 stromabwärts im Bereich der Wirbelschichtzone 11 in den Reaktor 10 mündet, so dass die abgeschiedenen Feststoffe erneut in die Wirbelschichtzone eingebracht und dort einer erneuten Vergasung zugeführt werden können.

Am oberen Ende des Zyklonabscheiders kann wie durch den Pfeil 22 angedeutet der gereinigte Gasstrom dem Kreislauf entnommen werden.

Figur 2 zeigt eine vergrößerte Detailansicht des mit II bezeichneten Ausschnitts von Figur 1. In Figur 2 kann man den Plasmabrenner 13 in der Wandung 14 des Reaktors in vergrößertem Maßstab erkennen, wobei hier der Plasmabrenner 13 nur schematisch dargestellt ist. Man sieht, dass die Flamme/das Plasma 23 von der seitlichen Wandung 14 ausgehend in etwa in radialer Richtung in das Innere des Reaktors eintritt, und zwar vorzugsweise mit etwas Abstand oberhalb des oberen Endes der Wirbelschichtzone 11 des Reaktors 10.

Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die Figur 3 der Aufbau eines beispielhaft in einer Anlage gemäß der vorliegenden Erfindung verwendbaren Plasmabrenners 13 näher erläutert. Dieser umfasst ein beispielsweise etwa zylindrisches Gehäuse 24, in dem über eine Stromzuführeinrichtung 25 eine ringförmige Elektrode 26 versorgt wird. Diese Elektrode umgibt konzentrisch ein Magnet 30, welcher ein magnetisches Feld erzeugt. Weiterhin ist eine beispielsweise etwa ringförmige Kühleinrichtung 27 für die Kühlung des Magneten 30 vorgesehen. Im Inneren der ringförmigen Elektrode 26 wird eine Plasmasäule 31 erzeugt. Dem Inneren des Gehäuses 24 wird von radial außen her ein Prozessgas 28 zugeführt,

welches dann mit der Plasmasäule 31 in axialer Richtung im Gehäuse strömt und in eine Düse 29 eintritt, aus der dann das heiße Prozessgas, wie durch die Pfeile 23 in Figur 3 angedeutet ist, austritt. Ein solches heißes Prozessgas gelangt dann als Flamme 23 des Plasmabrenners 13, so wie dies oben unter Bezugnahme auf Figur 2 beschrieben wurde, in den Reaktor 10.

Bezugszeichenliste:

- 10 Reaktor
- 11 Wirbelschichtzone
- 12 Bereich der Nachvergasung
- 13 Plasmabrenner
- 14 Wandung des Reaktors
- 15 Zyklonabscheider
- 16 Rückführleitung
- 17 Zuführeinrichtung für Brennstoff
- 18a Zuführeinrichtungen für Sauerstoff und/oder Dampf
- 18b Zuführeinrichtungen für Sauerstoff und/oder Dampf
- 19 Zuführeinrichtung für CO₂
- 20 Zuführeinrichtung für Dampf
- 21 Verbindungsleitung
- 22 Pfeil
- 23 Plasma/Flamme
- 24 Gehäuse
- 25 Stromzuführeinrichtung
- 26 Elektrode
- 27 Kühleinrichtung
- 28 Prozessgas
- 29 Düse

- 30 Magnet
- 31 Plasmasäule

Ansprüche

1. Anlage zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas umfassend einen Reaktor (10) mit mindestens einer Wirbelschichtzone (11), in der eine Vergasung der Brennstoffe durch Vergasungsmittel erfolgt, sowie mit mindestens einem im Strömungsweg der Wirbelschichtzone (11) nachgeordneten Bereich (12), in dem mittels wenigstens eines Plasmabrenners (13) eine Nachvergasung des aus der Wirbelschichtzone (11) austretenden Fluidstroms erfolgt, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine Plasmabrenner (13) derart angeordnet ist, dass dessen Flamme in den Reaktor (10), welcher die Wirbelschichtzone aufweist (11), hinein abgegeben wird.
2. Anlage zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas nach Anspruch 1, **wobei** der Bereich (12), in dem die Nachvergasung erfolgt, in dem gleichen Reaktor (10) oberhalb der Wirbelschichtzone (11) angeordnet ist.
3. Anlage zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas nach Anspruch 1 oder 2, **wobei** wenigstens ein Plasmabrenner (13) mindestens teilweise in der Wandung (14) des Reaktors (10) angeordnet ist, welcher die mindestens eine Wirbelschichtzone (11) aufweist.
4. Anlage zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **wobei** der Plasmabrenner (13) derart angeordnet ist, dass das Plasma/die Flamme in etwa radialer Richtung bezogen auf den Reaktor und/oder etwa quer zur Strömungsrichtung des Fluids im Bereich der Nachvergasung in den Reaktor abgegeben wird.
5. Anlage zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **wobei** der Plasmabrenner (13) derart angeordnet ist, dass das Plasma/die Flamme oberhalb der Wirbelschichtzone (11) in den Reaktor hinein abgegeben wird.
6. Anlage zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **wobei** der Bereich (12) des Reaktors (10), in dem die

Nachvergasung erfolgt, etwa zylindrisch ausgebildet ist und/oder der Reaktor (10) im Bereich der Wirbelschichtzone (11) etwa konisch sich in Strömungsrichtung des Fluids erweiternd ausgebildet ist

7. Anlage zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **wobei** diese einen im Strömungsweg dem Bereich (12), in dem die Nachvergasung erfolgt, nachgeschalteten Zyklonabscheider (15) umfasst.
8. Anlage zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas nach Anspruch 7, **wobei** von dem Zyklonabscheider (15) ausgangsseitig abgehend eine Rückführleitung (16) angeordnet ist, welche in die Wirbelschichtzone (11) des Reaktors (10) mündet.
9. Verfahren zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas, bei dem in einem Reaktor (10) mit mindestens einer Wirbelschichtzone (11) eine Vergasung der Brennstoffe durch Vergasungsmittel erfolgt, wobei in mindestens einem im Strömungsweg der Wirbelschichtzone (11) nachgeordneten Bereich (12) mittels wenigstens eines Plasmabrenners (13) eine Nachvergasung des aus der Wirbelschichtzone (11) austretenden Fluidstroms vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nachvergasung mittels des wenigstens einen Plasmabrenners (13) in dem Reaktor (10) erfolgt, welcher die Wirbelschichtzone (11) umfasst.
10. Verfahren zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas nach Anspruch 9, **wobei** die Nachvergasung in dem Bereich (12) bei einer höheren Temperatur erfolgt als die Vergasung in der Wirbelschichtzone (11).
11. Verfahren zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas nach Anspruch 10, **wobei** die Vergasung in der Wirbelschichtzone (11) bei einer Temperatur von etwa 700 °C bis 900 °C erfolgt und die Nachvergasung in dem Bereich (12) bei einer um wenigstens etwa 100 °C höheren Temperatur, vorzugsweise bei einer Temperatur von wenigstens etwa 900 °C, besonders bevorzugt bei einer Temperatur im Bereich von etwa 950 °C bis etwa 1200 °C erfolgt.

12. Verfahren zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **wobei** die Flamme des Plasmabrenners eine maximale Temperatur von etwa 3500 °C bis etwa 4500 °C aufweist.
13. Verfahren zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **wobei** der wenigstens eine Plasmabrenner (13) mit wenigstens einem reduzierenden und/oder wenigstens einem oxidierenden Gas betrieben wird.
14. Verfahren zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **wobei** der wenigstens eine Plasmabrenner (13) mit einem Fluidstrom umfassend wenigstens eines der Fluide ausgewählt aus Dampf, Luft, Sauerstoff, Stickstoff und CO₂ betrieben wird.
15. Verfahren zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas nach einem der Ansprüche 9 bis 14, **wobei**, vorzugsweise im Bereich des Plasmabrenners, Dampf und/oder CO₂ eingedüst wird zur Kontrolle der Plasmatemperatur.
16. Verfahren zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas nach einem der Ansprüche 9 bis 15, **wobei** die Vergasung in der Wirbelschichtzone bei einem Druck von wenigstens etwa 1 bar, insbesondere von wenigstens etwa 5 bar erfolgt.
17. Verfahren zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas nach einem der Ansprüche 9 bis 16, **wobei** dieses ein Hochtemperatur-Winkler-Verfahren ist.
18. Verfahren zur Umwandlung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in Synthesegas nach einem der Ansprüche 9 bis 17, **wobei** dieses in einer Anlage mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 8 durchgeführt wird.

1/1

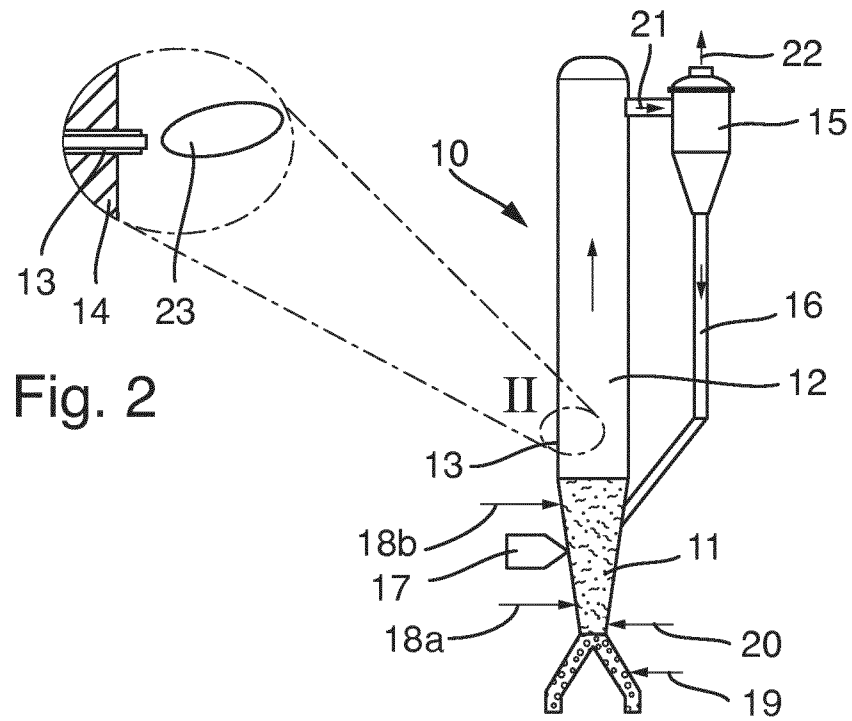


Fig. 2

Fig. 1

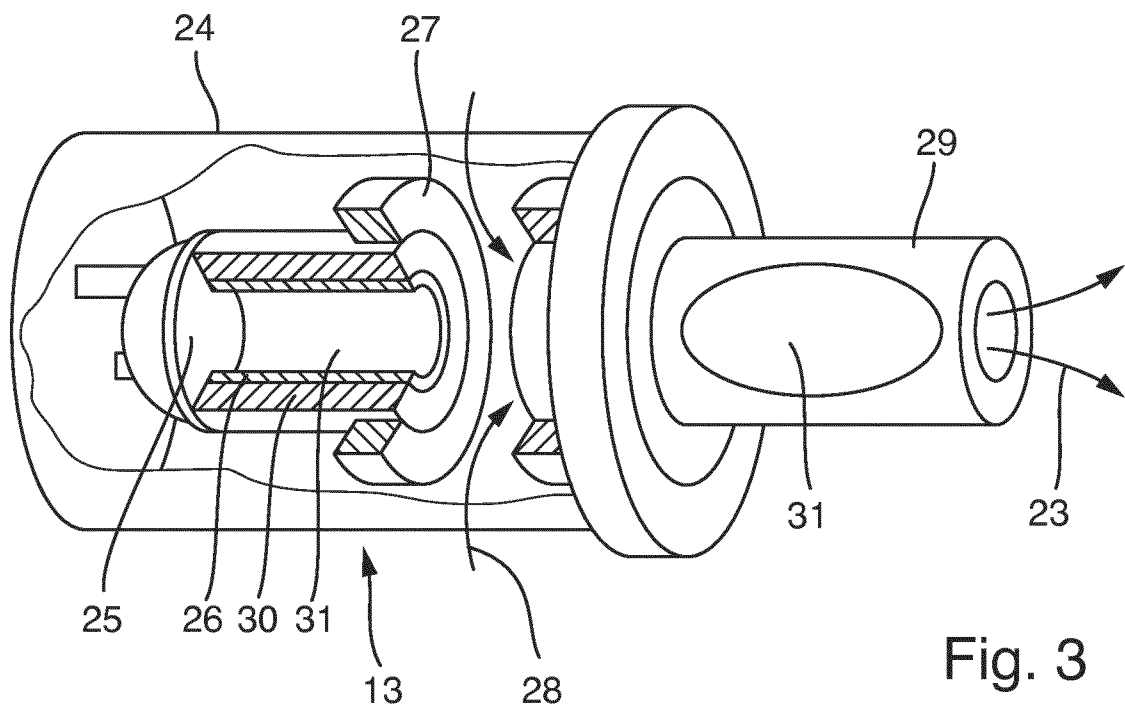


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/065515

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C10J3/18 C10J3/54
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C10J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2012/091395 A1 (TETZLAFF KARL-HEINZ [DE]) 19 April 2012 (2012-04-19) abstract; figures 1, 5 paragraph [0042] - paragraph [0052] -----	1-18
X	US 4 469 508 A (AMOUROUX JACQUES [FR] ET AL) 4 September 1984 (1984-09-04) column 2, line 53 - column 3, line 52; claim 10; figure 1; example 3 -----	1-18
X	CN 105 219 443 A (WUHAN TIANHE TECHNOLOGY CO LTD) 6 January 2016 (2016-01-06) paragraph [0046] - paragraph [0049]; figure 1 paragraph [0057] - paragraph [0059] -----	1-18



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 August 2017

Date of mailing of the international search report

01/09/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Iyer-Baldew, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/065515

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2012091395	A1	19-04-2012	BR PI0915559 A2 26-01-2016
		CA 2739270 A1 14-01-2010	
		CN 102089409 A 08-06-2011	
		DE 102008032166 A1 14-01-2010	
		EP 2303995 A2 06-04-2011	
		JP 5731379 B2 10-06-2015	
		JP 5877237 B2 02-03-2016	
		JP 2011527364 A 27-10-2011	
		JP 2015025145 A 05-02-2015	
		KR 20110052604 A 18-05-2011	
		RU 2011104191 A 20-08-2012	
		TW 201009066 A 01-03-2010	
		UA 108981 C2 10-07-2015	
		US 2012091395 A1 19-04-2012	
		WO 2010003968 A2 14-01-2010	

US 4469508	A	04-09-1984	CA 1207129 A 08-07-1986
		DE 3362499 D1 17-04-1986	
		EP 0093632 A1 09-11-1983	
		ES 8402069 A1 01-04-1984	
		FR 2526141 A1 04-11-1983	
		JP H0313512 B2 22-02-1991	
		JP S58195780 A 15-11-1983	
		NO 831486 A 31-10-1983	
		US 4469508 A 04-09-1984	

CN 105219443	A	06-01-2016	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. C10J3/18 C10J3/54
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 C10J

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2012/091395 A1 (TETZLAFF KARL-HEINZ [DE]) 19. April 2012 (2012-04-19) Zusammenfassung; Abbildungen 1, 5 Absatz [0042] - Absatz [0052] -----	1-18
X	US 4 469 508 A (AMOUROUX JACQUES [FR] ET AL) 4. September 1984 (1984-09-04) Spalte 2, Zeile 53 - Spalte 3, Zeile 52; Anspruch 10; Abbildung 1; Beispiel 3 -----	1-18
X	CN 105 219 443 A (WUHAN TIANHE TECHNOLOGY CO LTD) 6. Januar 2016 (2016-01-06) Absatz [0046] - Absatz [0049]; Abbildung 1 Absatz [0057] - Absatz [0059] -----	1-18



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. August 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/09/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Iyer-Baldew, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/065515

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2012091395	A1	19-04-2012	BR	PI0915559 A2	26-01-2016
			CA	2739270 A1	14-01-2010
			CN	102089409 A	08-06-2011
			DE	102008032166 A1	14-01-2010
			EP	2303995 A2	06-04-2011
			JP	5731379 B2	10-06-2015
			JP	5877237 B2	02-03-2016
			JP	2011527364 A	27-10-2011
			JP	2015025145 A	05-02-2015
			KR	20110052604 A	18-05-2011
			RU	2011104191 A	20-08-2012
			TW	201009066 A	01-03-2010
			UA	108981 C2	10-07-2015
			US	2012091395 A1	19-04-2012
			WO	2010003968 A2	14-01-2010

US 4469508	A	04-09-1984	CA	1207129 A	08-07-1986
			DE	3362499 D1	17-04-1986
			EP	0093632 A1	09-11-1983
			ES	8402069 A1	01-04-1984
			FR	2526141 A1	04-11-1983
			JP	H0313512 B2	22-02-1991
			JP	S58195780 A	15-11-1983
			NO	831486 A	31-10-1983
			US	4469508 A	04-09-1984

CN 105219443	A	06-01-2016	KEINE		
