

(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
11. September 2009 (11.09.2009)

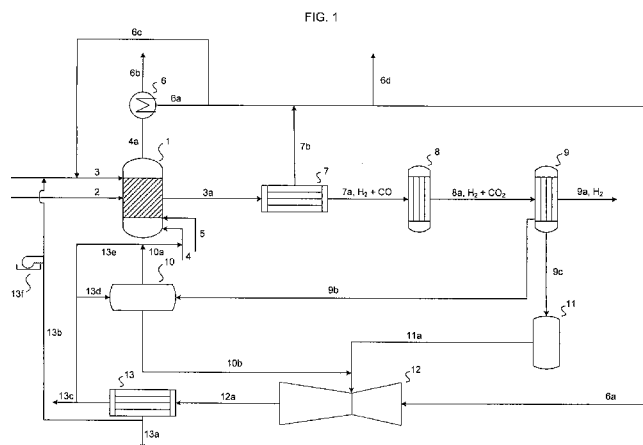
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/109290 A1

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
B01D 53/047 (2006.01) *C01B 3/56* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2009/001092
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
17. Februar 2009 (17.02.2009)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2008 012 735.3 5. März 2008 (05.03.2008) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** UHDE GMBH [DE/DE]; Friedrich-Uhde-Strasse 15, 44141 Dortmund (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** VON TROTHA, Thilo [DE/DE]; Buddenbergstrasse 46, 59379 Selm (DE). LIU, Vincent [DE/DE]; Franziskusstrasse 58, 44795 Bochum (DE). WYSCHOFSKY, Michael [DE/DE]; Ostwall 29, 44135 Dortmund (DE).
- (74) **Gemeinsamer Vertreter:** UHDE GMBH; Friedrich-Uhde-Strasse 15, 44141 Dortmund (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR THE SEPARATION OF FOREIGN GASES FROM A REDUCING USEFUL GAS BY PRESSURE SWING ADSORPTION

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ABSCHIEDUNG VON FREMDGASEN AUS EINEM REDUZIERENDEN NUTZGAS DURCH DAMPFBETRIEBENE DRUCKWECHSELADSORPTION



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for purifying synthesis gas in a pressure swing adsorption installation (9) which is desorbed with a vacuum that is generated via a so-called ejector (12) operated with vapor, said vapor being generated in a heat exchanger 6, (7) that uses the heat in the waste gas duct or in the useful gas duct for vapor generation. The pressure swing installation is advantageously operated alternating between adsorption at excessive pressure, pressure swing desorption and vacuum desorption and the gas desorbed by the ejector is cooled in a cooler (13) so that the vapor contained therein can be condensed and withdrawn or is advantageously returned to the starting gas for synthesis gas generation and the foreign gas (9b) desorbed from the pressure swing installation, which contains at least some not-consumed heating gas, is returned to the heating gas. In an advantageous embodiment, the vacuum from the ejector is stored in an intermediate reservoir (11) and is applied to the pressure swing adsorption unit when it is in the cycle of vacuum desorption. The invention also relates to a device for carrying out said method.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2009/109290 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reinigung von Synthesegas durch eine Druckwechseladsorptionsanlage (9), die mit einem Vakuum desorbiert wird, das über einen sogenannten Ejektor (12) erzeugt wird, der mit Dampf betrieben wird, der durch einen Wärmetauscher (6,7) erzeugt wird, der die Wärme im Rauchgaskanal oder im Nutzgaskanal zur Dampferzeugung nutzt, wobei die Druckwechselanlage vorteilhaft im zyklischen Wechsel Adsorption im Überdruck, Druckabbaudesorption und Vakuumdesorption betrieben wird und das durch den Ejektor desorbierte Gas in einem Kühler (13) gekühlt wird, so dass der darin enthaltene Dampf kondensiert und ausgeschleust werden kann oder vorteilhaft in das Ausgangsgas zur Synthesegasgewinnung zurückgegeben wird und das aus der Druckwechselanlage desorbierte Fremdgas (9b), das zumindest teilweise noch nicht verbrauchtes Heizgas enthält, in das Heizgas zurückgegeben wird. In einer vorteilhaften Ausführungsform wird das Vakuum aus dem Ejektor in einem Zwischenbehälter (11) gespeichert und im Zyklus der Vakuumdesorption an die Druckwechseladsorptionseinheit angelegt. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Betrieb dieses Verfahrens.

Verfahren und Vorrichtung zur Abscheidung von Fremdgasen aus einem reduzierenden Nutzgas durch dampfbetriebene Druckwechseladsorption

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reinigung eines reduzierenden Nutzgases durch Druckwechseladsorption unter Einsatz eines sogenannten Ejektors, der durch ein unter Druck stehendes Gas angetrieben wird und ein Vakuum erzeugt, das die Desorption der Druckwechseladsorptionseinheit verbessert, wobei die Erfindung als unter Druck stehendes Gas Dampf nutzt, der durch die Heizeinrichtung zur Herstellung des Nutzgases erzeugt wird. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung mit einem Ejektor, der durch Dampf angetrieben wird und dessen Vakuum dazu genutzt wird, eine Druckwechseladsorptionseinheit stärker zu desorbieren.

[0002] Die Herstellung von reduzierenden Gasen ist in der Technik ein häufig durchgeführter Prozess. Ein Beispiel für die Herstellung eines reduzierenden Gases ist der Dampfreformierprozess. Durch Erhitzen eines kohlenwasserstoffhaltigen Ausgangsgemisches mit Wasserdampf lässt sich beispielsweise Synthesegas herstellen, das ein Gemisch aus Wasserstoff, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid darstellt. Synthesegas wird sehr häufig als Brenngas oder als Ausgangsstoff für chemische Synthesen verwendet. Ein weiteres, häufig hergestelltes reduzierendes Gas ist Kohlenmonoxid.

[0003] Für die meisten Anwendungen muss das reduzierende Gas frei von Begleitgasen sein. Ein häufig vorkommendes Begleitgas ist Kohlendioxid, welches bei den Verbrennungs- oder Reformierprozessen entsteht. Wandelt man das Kohlenmonoxid aus dem Synthesegas durch eine sogenannte CO-Konvertierung in Anwesenheit von Wasserdampf um, so erhält man ein Gemisch aus Wasserstoff und Kohlendioxid. Letzteres kann aus dem Synthesegas durch verschiedene Verfahren entfernt werden. Durch Entfernung des Kohlendioxids erhält man reinen Wasserstoff, der ein wichtiger Grundstoff für viele Synthesen und Anwendungszwecke ist. Weitere, häufig vorkommende Begleitgase oder Fremdgase oder Fremdgaskomponenten, die in reduzierenden Gasen unerwünscht sind und abgetrennt werden müssen, sind Restgaskomponenten wie Methan und Stickstoff.

[0004] Für viele Zwecke werden zur Abtrennung der unerwünschten Begleitgase Gaswaschprozesse eingesetzt, die für die genannten Zwecke geeignet sind. Häufig werden auch sogenannte Druckwechseladsorptionsanlagen eingesetzt, die das abzuscheidende Gas durch Adsorptionsprozesse abfangen. Druckwechseladsorptionsanla-

gen können Fremdgase durch Adsorption fast vollständig entfernen, was durch Gaswaschprozesse nur bedingt möglich ist.

[0005] Druckwechseladsorptionsanlagen nutzen die Adsorptionsfähigkeit von adsorbierenden Materialien. Beispiele für häufig verwendete adsorbierende Materialien sind Aktivkohle, Molekularsiebe, Silicagel oder Zeolithe. Zum Zweck der Gasreinigung werden die adsorbierenden Materialien in geeignete Behälter gepackt, die unter Druck von dem zu reinigenden Gas durchströmt werden. Dabei werden die Fremdgaskomponenten adsorbiert und man erhält das gereinigte Nutzgas. Nach einer bestimmten Zeit ist die Aufnahmefähigkeit des adsorbierenden Materials erschöpft. Der Behälter wird entspannt und mit Nutzgas gespült, so dass das adsorbierende Material das adsorbierte Fremdgas freigibt. Dieses wird dann einer Weiterverwendung oder Entsorgung zugeführt. Die Vorgänge der Adsorption und Desorption werden in zyklischem Wechsel durchgeführt, um bereitgestelltes Nutzgas kontinuierlich reinigen zu können.

[0006] Um die Effizienz des Adsorptionsprozesses weiter zu verbessern, kann der Prozess der Desorption nach der Entspannung durch Anlegen eines Vakuums unterstützt werden. Dadurch kann das adsorbierte Fremdgas nahezu vollständig aus dem adsorbierenden Material entfernt werden. Das adsorbierende Material steht dann wieder vollständig für einen Adsorptionsprozess zur Verfügung. Um die Vakuumerzeugung durch einen teureren Kompressor- oder andersartigen Maschineneinsatz zu vermeiden, wird ein sogenannter Ejektor eingesetzt. Dieser nutzt den Druck des ausströmenden Gases durch Ausnutzung des Venturi-Effektes zur Erzeugung von Vakuum. Durch eine geeignete Ventilschaltung, bei der das ausströmende Gas durch den Ejektor strömt, kann dann eine ausreichende Evakuierung der Druckwechseladsorptionsgefäße erreicht werden.

[0007] Die EP 015413 B1 beschreibt einen Prozess zur Druckwechseladsorption, der eine Anordnung von Druckwechseladsorptionseinheiten zur Verfügung stellt, die in zyklischem Wechsel ein Gasgemisch durch selektive Adsorption eines Bestandteiles oder mehrerer Gasbestandteile das Gas von diesen befreien. Zur schrittweisen Desorption der adsorbierten Fremdgase wird ein Vakuum eingesetzt, das mit Hilfe eines Ejektors erzeugt wird. Der Ejektor wird durch den Druck der aus den Druckwechseleinheiten ausströmenden Gase betrieben, wobei durch geeignete Verknüpfung der Druckwechseladsorptionseinheiten und Ventilschaltungen sowohl das ausströmende Nutzgas als auch das ausströmende desorbierte Fremdgas genutzt werden kann.

[0008] Die EP 1101731 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von Synthesegas in Verbindung mit einer Druckwechseladsorptionsanlage, durch die das Synthesegas von mitgeführtem Kohlendioxid befreit wird. Das Vakuum zur Desorption der Druckwechseleinheit wird durch einen Ejektor erzeugt, wobei der Ejektor zum Betrieb den hohen Druck, unter dem das Heizgas bei der Versorgung steht, ausnutzt. Das den Ejektor verlassende Gas kann wieder als Brenngas verwendet werden. Durch ein System von Vorlagebehältern können sowohl das Brenngas als auch das Vakuum der jeweiligen Kapazität angepasst werden.

[0009] Häufig ist jedoch das Vakuum, das durch die Ejektoren erzeugt wird, nicht ausreichend. Aus diesem Grund ist es nötig, Vorrichtungen hinzuzuziehen, mit denen sich das Vakuum weiter erhöhen lässt. Dies ist teuer und meist mit hohem Aufwand verbunden. Auch ist der Druck des ausströmenden Gases nicht immer hoch genug, um den Ejektor so zu betreiben, dass ein ausreichendes Vakuum erzeugt wird. Die Verwendung von komprimiertem Gas ist aus Kostengründen unzweckmäßig. Deshalb wird nach einer preiswerten Möglichkeit gesucht, die Ejektoren mit einer verbesserten Effizienz zu betreiben. Es ist deshalb eine Aufgabe der Erfindung, ein Gas zur Verfügung zu stellen, das unter hohem Druck steht, das kostengünstig ist, das möglichst durch den Herstellungsprozess für das Nutzgas erzeugt werden soll und mit dem sich die Ejektoren kostengünstig betreiben lassen.

[0010] Die Erfindung löst diese Aufgabe durch die Erzeugung von heißem Dampf, der durch den Herstellungsprozess für das Heizgas oder Nutzgas erzeugt wird und der dadurch unter hohem Druck steht. Dieser lässt sich vorteilhaft für den Antrieb der Ejektoren nutzen. In einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung wird der Dampf im desorbierten Fremdgas nach dem Durchlaufen der Ejektoren kondensiert. Das kondensierte Wasser kann dem Prozess wieder zugeführt werden.

[0011] Die Erfindung stellt auch eine Lösung zur Verfügung, das Vakuum beim Desorptionsprozess den jeweiligen Anforderungen anzupassen, so dass die Kapazität der Druckwechseleinheit optimiert werden kann. Es wird auch ein System von Vorlagebehältern vorgeschlagen, die als Pufferbehälter für Vakuum und desorbierte Gase zur Verfügung stehen. Dadurch kann der Prozessfluss kontinuierlich gestaltet werden, ohne dass die Reinigungsleistung der Druckwechseladsorptionseinheit abgeschwächt wird. Das erfindungsgemäße System zum Betrieb einer Druckwechseladsorptionseinheit eignet sich sehr gut im Betrieb von Dampfreformierprozessen. Das erfindungsgemäße System zum Betrieb von Druckwechseladsorptionseinheiten eignet sich jedoch prinzipiell für jeden Prozess, der ein reduzierendes Gas produziert, durch Druckwech-

seladsorption reinigt und heiße Rauchgase oder Heizgase zur Verfügung stellt, mit denen sich Dampf zum Betrieb eines Ejektors herstellen lässt.

[0012] Beansprucht wird insbesondere ein Verfahren zur Abscheidung von Fremdgasen aus einem reduzierenden Nutzgas durch Druckwechseladsorption, wobei

- 5
- durch ein geeignetes Verfahren ein reduzierendes Nutzgas hergestellt wird, welches neben der reduzierenden Komponente auch eine zu absorbierende Fremdkomponente oder ein Fremdgas enthält, und
 - dieses Gas zur Abscheidung von adsorbierbaren Gasen unter erhöhtem Druck einer Druckwechseladsorptionseinheit zugeführt wird, die das zu absorbierende Gas durch einen adsorptiven Prozess zurückhält, so das
- 10
- die adsorbierten Gase durch Entspannung der Druckwechseladsorptionseinheit im Gemisch mit Nutzgas wieder freigesetzt werden und weiterverwendet oder entsorgt werden können,

15 und das dadurch gekennzeichnet ist, dass

- an die Druckwechseladsorptionseinheit nach der Entspannung mit einem Ejektor zur Desorption ein Vakuum angelegt wird, wodurch die restlichen adsorbierten Gase aus der Druckwechseladsorptionseinheit abgezogen werden können, und
- 20
- der Ejektor mit Dampf angetrieben wird, der durch Erhitzen mit dem heißen Nutzgas oder mit den Rauchgasen aus dem Heizprozess zur Erzeugung des Nutzgases erzeugt wird.

[0013] Der Dampf zum Betrieb des Ejektors kann erfindungsgemäß sowohl in der Ausfhrungsvorrichtung für das Heizgas als auch in der Ausfhrungsvorrichtung für

25 das Nutzgas erzeugt werden. Die Dampferzeugung kann auch an beiden Positionen im Prozessfluss erfolgen, wobei die entstehenden Dampfströme dann beliebig vermischt werden können und durch entsprechende Rohrleitungen in den Ejektor transportiert werden. Wird nur an einer der genannten Positionen im Prozessflu ein Dampferzeuger als Wärmetauscher verwendet, so kann sich an einer der anderen Positionen, an

30 der kein Dampf erzeugt wird, ein normal gearterer Khler, wie beispielsweise ein Luftkühler, befinden. Nach diesen Prozessschritten erhält man ein gekühltes Synthesegas.

[0014] Die Erfindung beansprucht auch ein Verfahren, mit dem sich der Dampf zum Betrieb des Ejektors kondensieren lässt, so dass dieser wieder in den Prozess zur Erzeugung des Dampfes zurückgeführt werden kann. Es ist auch möglich, den kondensierten Dampf dem Prozess zur Erzeugung des Nutzgases zuzuführen. Prinzipiell ist es möglich, den kondensierten Dampf für alle beliebigen Zwecke zu verwenden.

[0015] Bevorzugt ist der Prozess zur Erzeugung des Nutzgases ein Reformierprozess, der ein kohlenwasserstoffhaltiges Ausgangsgas nutzt, um mit Wasserdampf durch einen Reformierprozess bei erhöhter Temperatur Synthesegas herzustellen. Als kohlenwasserstoffhaltiges Ausgangsgas wird bevorzugt Erdgas eingesetzt. Man kann jedoch auch LPG-Gas einsetzen oder ein Flüssiggas. Es ist auch möglich, Naphtha oder Leichtbenzine und alle anderen Stoffe einzusetzen, die als Einsatzstoff für einen Reformierprozess geeignet sind. Der erfindungsgemäße Prozess zum Betrieb des Ejektors kann schließlich prinzipiell in allen anderen Prozessen zur Erzeugung von reduzierenden Gasen genutzt werden. So ist es beispielsweise auch möglich, eine erfindungsgemäße Druckwechseladsorptionseinheit in einem Prozess zur Vergasung von Kohle zu nutzen. Schließlich ist es auch möglich, den Prozess beispielsweise bei einer Herstellung von Kokereigas zu nutzen.

[0016] Bei der Herstellung von Synthesegas erhält man je nach Prozessführung ein Synthesegas, das größere Mengen an Kohlenmonoxid enthält. Je nach Verwendungszweck ist dieses in dem erhaltenen Synthesegas unerwünscht. Aus diesem Grund wird das Kohlenmonoxid häufig aus dem Prozessgas durch eine sogenannte CO-Konvertierung entfernt. Bei der CO-Konvertierung wird das in dem Synthesegas enthaltene Kohlenmonoxid durch Zugabe von Wasserdampf in Kohlendioxid umgewandelt, welches anschließend aus dem Synthesegas beispielsweise durch eine Säuregaswäsche entfernt werden kann. Bei der Konvertierung wird Wasserstoff erhalten. Einen geeigneten Prozess zur Konvertierung von Kohlenmonoxid in Kohlendioxid beschreibt die EP 1878782 A1. Dem Prozess der Konvertierung geht in einer Ausführung der Erfindung eine Kühlung des Synthesegases zuvor, wobei diese Kühlung als Wärmetauschprozess oder zur Dampferzeugung genutzt werden kann. Auch hinter dem Prozessschritt der wärmeerzeugenden CO-Konvertierung kann Dampf erzeugt werden und dieser in den Dampfstrom zum Betrieb des Ejektors eingespeist werden. Ist hinter dem Prozessschritt für die Konvertierung kein Dampferzeuger vorgesehen, so kann sich dort auch ein normaler Kühler befinden. Nach diesen Prozessen erhält man ein gekühltes kohlenmonoxidfreies Synthesegas.

[0017] Um das Kohlendioxid vollständig aus dem Synthesegas zu entfernen, wird in der Regel eine Druckwechseladsorptionsanlage eingesetzt. Es ist möglich, diese allein oder in Verbindung mit einer beliebig gearteten Sauergaswäsche einzusetzen. Bei einem geringen Anteil an zu adsorbierenden Gasen reicht in der Regel der Betrieb einer Druckwechseladsorptionsanlage ohne vorhergehende Sauergaswäsche aus. Die Druckwechseladsorptionsanlage kann zur Entfernung des Sauergases einfach geartet sein und bei Normaldruck beladen werden, so dass nur zur Desorption des beladenen Adsorbens ein Unterdruck angelegt werden muss. Die Druckwechseladsorption kann beispielhaft kontinuierlich betrieben werden, so dass die Adsorption des zu adsorbierenden Gases nur durch die Adsorptionskraft des Adsorbens erfolgt. In einer vorteilhaften und bevorzugten Ausführungsform wird die Druckwechseladsorptionseinheit jedoch bei Überdruck betrieben, um die Adsorptionskraft des Adsorbens besser auszunutzen.

[0018] Typische Drücke zum Betrieb einer Druckwechseladsorptionseinheit sind Drücke von 5 bis 50 bar. Zur Desorption wird die Einheit entspannt. Um den Prozess dennoch kontinuierlich betreiben zu können, muss die Adsorption in zyklischem Wechsel mit der Desorption durchgeführt werden. Hierfür werden üblicherweise Batterien eingesetzt, in denen 5 bis 50 Einheiten zur Druckwechseladsorption nebeneinander betrieben werden. Ein Teil der Einheiten wird unter erhöhtem Druck von dem zu reinigenden Gas durchströmt, wodurch das Fremdgas von dem Adsorbens zurückgehalten wird. Man erhält das gereinigte Nutzgas. Ein weiterer Teil der Einheiten wird entspannt, wodurch das adsorbierte Gas im Gemisch mit dem Nutzgas freigegeben wird. Bei der anschließenden Evakuierung des Gefäßes erhält man im Wesentlichen das desorbierte Fremdgas zurück. Die Entspannung und Desorption kann auch stufen- oder schrittweise durchgeführt werden, um die Trennwirkung der Druckwechseladsorptionseinheiten noch weiter zu erhöhen.

[0019] Das desorbierte Gas besteht in der Regel zum größten Teil aus dem adsorbierten Fremdgas. Es enthält jedoch je nach Prozessführung noch größere Anteile an unverbrauchtem Nutzgas. Da dieses noch einen Heizwert besitzt, der zwar aufgrund des beigemengten, aber in der Regel unbrennbaren Fremdgases reduziert ist, kann dieses für den Verbrennungsprozess zur Erzeugung des Nutzgases verwendet werden. Um den Brennwert für den Heizprozess genügend hoch zu halten, wird dieses in einer vorteilhaften Ausführungsform mit frischem Heizgas vermischt. Um den Prozess der Nutzgaserzeugung von dem Prozess der Druckwechseladsorption abzukoppeln, befindet sich in einer Ausführung der Erfindung zwischen dem Druckwechseladsorptionsgefäßen und der Einspeisung in das Heizgas ein Pufferbehälter, in dem das desorbierte Fremdgas zwischengelagert werden kann. Es ist aber auch möglich, das

desorbierte Gas beispielsweise in einer Fackelleitung zu entsorgen. Dies kann temporär oder permanent erfolgen.

[0020] Um die Druckhaltung in der Brenngasversorgungsleitung nicht zu beeinflussen, wird der Ejektor und der Druck im damit verbundenen Pufferbehälter vorzugsweise so geregelt, dass das einzuspeisende desorbierte Fremdgas mit gleichem oder
5 ähnlichem Druck bereitgestellt wird, mit dem das Heizgas in den Heizprozess zur Erzeugung des Nutzgases eingespeist wird. Handelt es sich bei der Nutzgaserzeugung um einen Reformierprozess, so ist das Heizgas bevorzugt Erdgas. Typische Drücke des Heizgases zum Einspeisen in den Verbrennungsprozess sind 1,2 bis 5 bar. Zum
10 Erreichen dieses Druckes können sich zwischen dem Pufferbehälter und der Einspeisestelle in die Heizgasleitung auch regelnde Einrichtungen befinden. Dies können sowohl Kompressoren sein als auch Druck reduzierende Vorrichtungen. Das desorbierte Fremdgas kann sowohl direkt vor dem Brenner durch geeignete Mischvorrichtungen als auch in die Versorgungsleitung für Brenngas eingespeist werden.

[0021] In einer weiteren Ausführung der Erfindung wird das erzeugte Vakuum vorteilhaft über einen Pufferbehälter zwischengelagert. Dieser kann auch als Vakuumvorlagebehälter bezeichnet werden. Dadurch lässt sich je nach Anforderung das Vakuum an die verschiedenen Druckwechseladsorptionsgefäße anlegen. Auch lässt sich das
15 Vakuum auf diese Weise schrittweise reduzieren, um die Trennwirkung der Druckwechseladsorptionseinheiten zu verbessern. Der Unterdruck im Vorlagebehälter kann durch geeignete Vorrichtungen verstärkt werden.
20

[0022] Auch das Treibgas für den Ejektor, das für das erfindungsgemäße Verfahren Dampf aus dem Heizprozess für die Nutzgaserzeugung ist, kann mit weiteren Gasen beaufschlagt werden, um den für den Antrieb des Ejektors notwendigen Druck zu
25 erzeugen. So kann man zum Antrieb des Ejektors auch Fremdgase oder Frischdampf einsetzen, die unter Druck stehen. Für den Antrieb des Ejektors können schließlich auch das Nutzgas oder das Einsatzgas verwendet werden, wie es in der EP 015413 B1 vorgeschlagen wird. Für die Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden diese Fremdgase mit Dampf vermischt. Schließlich ist es auch möglich, den oder
30 die Ejektoren zeitweise mit dem erfindungsgemäß erzeugten Dampf zu betreiben. Man kann den Dampf aber auch mit Fremdgas oder mit Fremddampf oder mit dem Synthesegas vermischen und erfindungsgemäß als Treibmittel für den Ejektor einsetzen. Auch dies kann zeitweise geschehen.

[0023] Der Ejektor kann zur Unterstützung des Betriebes auch mit Vakuum erzeugenden Einrichtungen unterstützt werden. Das Fremdvakuum kann auf beliebige Art und Weise erzeugt werden. Dies können beispielhaft Vakuum erzeugende Kolbenpumpen oder Membranpumpen sein. Es ist auch möglich, den Prozess an beliebiger Stelle mit Kompressoren oder Druck erzeugenden Pumpen zu unterstützen.

[0024] Die Erfindung beansprucht auch eine Vorrichtung, mit der sich der erfindungsgemäße Prozess ausführen lässt. Beansprucht wird insbesondere eine Vorrichtung zur Abscheidung von Fremdgasen aus einem reduzierenden Nutzgas durch Druckwechseladsorption, die

- 10 • einen Anlagenteil mit einer Heizeinrichtung zur Erzeugung des Nutzgases umfasst, wobei
- sich an den Anlagenteil zur Erzeugung des Nutzgases ein Anlagenteil mit einer Druckwechseladsorption zur Abscheidung von Fremdgasen anschließt, und
- 15 • der Anlagenteil zur Druckwechseladsorption über einen Ejektor, der zur Erzeugung eines Unterdrucks geeignet ist, zur vollständigen Desorption mit Vakuum beaufschlagbar ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 20 • sich hinter der Heizeinrichtung oder dem Anlagenteil zur Erzeugung des Nutzgases ein Dampferzeuger befindet, der das heiße Rauchgas aus dem Heizprozess und/oder heiße Nutzgas zur Erzeugung von heißem Dampf nutzt, und
- der aus dem Dampferzeuger stammende Dampf zum Antrieb des Ejektors genutzt wird.

25 **[0025]** Der einzusetzende Ejektor kann beliebig geartet sein. Dieser kann beispielsweise nach dem Venturi-Prinzip arbeiten. Es kann sich jedoch auch um eine Vakuum erzeugende Einrichtung handeln, die Turbinen zur Erzeugung eines Vakuums mit Druckgas nutzt.

30 **[0026]** Zur Ausführung der Erfindung und zur weiteren Nutzung befindet sich hinter dem Ejektor auf der Austrittsseite eine Einrichtung zur Kondensation des Dampfes. Dies kann ein gewöhnlicher Kondensationskühler sein, dies können aber auch Wärmetauscher sein. Möglich ist es auch, Kältemaschinen einzusetzen, um den Kondensati-

onsprozess zu unterstützen. An die kondensierende Einrichtung schließen sich dann bevorzugt Rohrleitungen an, mit denen sich das Kondensat in den Wasserdampf des Ausgangsgases zurückführen lässt. Es können sich hinter diesen Einrichtungen auch Verdampfer befinden, mit denen sich das Kondensat verdampfen lässt, um wieder in
5 den Prozess der Nutzgaserzeugung eingespeist zu werden.

[0027] Durch den Kondensationsprozess erhält man getrocknetes und gekühltes Desorptionsgas. Das erhaltene Desorptionsgas kann jedes geeignete Sauer gas enthalten, das durch eine Druckwechseladsorption aus dem Nutzgas ausgeschieden werden kann. Beispiele für Sauer gas, die mit einer Druckwechseladsorption aus Gasen ausgeschieden werden können, sind Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff, Ammoniak oder
10 Halogenwasserstoffe. Wird das Desorptionsgas entsorgt, so enthält der Prozessfluss auch Vorrichtungen, die hierzu geeignet sind. So können sich hinter Kondensationseinrichtung auf der Desorptionsgasseite auch Fackeleinrichtungen befinden.

[0028] Vor der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung der Druckwechseladsorption kann sich auch eine Vorrichtung zur Sauer gaswäsche befinden. Diese wird bevorzugt mit physikalischen Lösungsmitteln durchgeführt, die einfach durch Desorption regeneriert werden können und deshalb gut mit einer Druckwechseladsorptionsanlage kombiniert werden können. Ein Beispiel für geeignete Sauer gaswäschen, die vor das erfindungsgemäße System zu Druckwechseladsorption geschaltet werden
15 können, gibt die EP 968748 A2.

[0029] Ist der Prozess zur Nutzgaserzeugung ein Dampfreformierprozess, so kann dieser mit den bekannten Verfahren ausgeführt werden. Ein Beispiel für einen Dampfreformierprozess, der sich zur Erzeugung von Synthesegas nutzen lässt, wird in der WO 2006/119812 A1 beschrieben. Ist der Prozess zur Erzeugung des Nutzgases ein
20 Kokereiprozess, dann lässt sich dieser mit den bekannten Vorrichtungen ausführen. Ein Beispiel für eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Kokereigases beschreibt die EP 1230321 A1.

[0030] Aus dem Prozess zur Erzeugung des Nutzgases wird erfindungsgemäß Dampf erzeugt. Hierzu befindet sich in der nutzgaserzeugenden Einrichtung ein Wärmetauscher, der als Dampferzeuger geartet ist. Handelt es sich bei dem Nutzgas um
30 ein Kokereigas, so kann der Dampferzeuger beispielhaft in der Ausführungsleitung für das Kokereigas sitzen. Handelt es sich bei dem Nutzgas um ein Synthesegas aus einem Dampfreformierprozess, so kann der Dampferzeuger in der Ausführungsleitung

für das Rauchgas sitzen, das bei der Beheizung zur Herstellung des Synthesegases entsteht.

[0031] Das erhaltene Synthesegas aus dem Dampfreformierprozess wird in einer bevorzugten Ausführungsform nach dem Erhalt einer Kühlung unterzogen. Hierzu wird
5 eine geeignete Kühlvorrichtung eingesetzt. Dies kann beispielhaft ein Luftkühler sein. Es ist möglich, zur Kühlung des erhaltenen Synthesegases als Nutzgas einen Wärmetauscher zu verwenden, durch den Dampf erzeugt wird. Auch dieser Dampf kann erfindungsgemäß zum Betrieb des Ejektors verwendet werden. Es ist auch möglich, auf den Dampferzeuger in der Rauchgasausführung zu verzichten und nur den Dampf zum
10 Betrieb des Ejektors einzusetzen, der bei der Kühlung des Nutzgases erhalten wird.

[0032] Hinter dem Prozess zur Erzeugung des Nutzgases oder der Vorrichtung zur Kühlung des Nutzgases befindet sich in einer bevorzugten Ausführungsform ein Prozess zur Konvertierung des Kohlenmonoxids in Kohlendioxid. Dann ist das zu absorbierende Sauer gas zum größten Anteil Kohlendioxid. Der Prozess der CO-
15 Konvertierung wird in einer geeigneten Ausführungsform in der EP 1878782 A1 beschrieben.

[0033] Im Prozessfluss hinter der Einheit für die CO-Konvertierung ist dann die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Druckwechseladsorption angeordnet. Ein Beispiel für eine geeignete Vorrichtung zur Druckwechseladsorption mit einer geeigneten Anzahl
20 an verschiedenen Druckwechseladsorptionsgefäßen beschreibt die EP 015413 B1. In dieser Lehre wird beispielhaft auch ein Ejektor beschrieben, wie er zur Erzeugung eines Vakuums für das erfindungsgemäße Verfahren genutzt werden kann.

[0034] Erfindungsgemäß ist es auch möglich, im Prozessfluss hinter der Vorrichtung zur Konvertierung des Kohlenmonoxids eine Kühlungsvorrichtung für das Nutzgas
25 anzuordnen. Diese ist dann in einer beispielhaften Ausführung der Erfindung als Wärmetauscher oder Dampferzeuger geartet. Auf diese Weise kann ebenfalls Dampf für den Ejektor erzeugt werden. Erfindungsgemäß ist es möglich, entweder einen Dampferzeuger in der Ausführungseinrichtung für das Heizgas anzuordnen, oder der in der Ausführungseinrichtung für das Nutzgas, vor der Konvertierungseinrichtung für das
30 Kohlenmonoxid anzuordnen, oder in einer weiteren Ausführungsform einen Dampferzeuger hinter der Ausführungseinheit für das konvertierte Nutzgas anzuordnen. Die Anordnung der Dampferzeuger an den genannten Positionen im Prozessfluss kann auch mehrfach und in allen Kombinationen erfolgen.

[0035] Die Einheiten zur Druckwechseladsorption sind zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einer geeigneten Anzahl an Ventilen und Rohrleitungen verbunden. Diese sind so mit den Gefäßen zur Druckwechseladsorption verknüpft, dass sich damit ein zyklischer Betrieb zur Adsorption und Desorption der Fremdgase durchführen lässt. Hinter der Druckwechseladsorptionseinheit kann sich vorteilhaft ein Gefäß zur Speicherung des Vakuums befinden, so dass sich diese je nach Anforderung an die Druckwechseladsorptionseinheit anschließen lässt.

[0036] An den Ejektor kann sich auf der Austrittsseite ein Kondensator anschließen, durch den der in dem Austrittsgas erhaltene Dampf auskondensiert wird. Das Kondensat kann in den Prozess zur Erzeugung des Nutzgases zurückgegeben werden. Das Desorptionsgas, das von dem Wasserdampf befreit wurde, wird vorzugsweise in einen Vorlagebehälter für Heizgas gegeben. Aus diesem lässt sich das desorbierte Fremdgas in den Prozess zum Vermischen mit dem Heizgas zurückführen. Dieser Behälter wird auch als Befeuerungsvorlagebehälter bezeichnet. Hinter dem Ejektor kann sich auch eine Vorrichtung befinden, mit der sich das Vakuum des Ejektors verstärken lässt.

[0037] Zu der erfindungsgemäßen Vorrichtung gehören auch Rohrleitungen und Ventile, mit der sich die Vorrichtungen für das erfindungsgemäße Verfahren verknüpfen und steuern lassen. In der erfindungsgemäßen Vorrichtung können sich auch an beliebiger Stelle des Prozesses Kühler zur Kühlung oder Vorrichtungen zum Heizen des Gases befinden. Zu der erfindungsgemäßen Vorrichtung gehören auch Kompressoren oder Vakuumpumpen, die den Prozess an jeder beliebigen Stelle im Prozessfluss unterstützen. Zu dem erfindungsgemäßen Prozess gehören auch Thermometer, Druckmessgeräte oder andere Analysengeräte und die damit verbundenen Steuerungseinrichtungen, mit denen sich der Prozess steuern lässt.

[0038] Das erfindungsgemäße Verfahren stellt einen Prozess zur Reinigung von reduzierenden Gasen bereit, das effizient und kostengünstig ist. Es nutzt außerdem in vorteilhafter Weise die Wärme des Heizprozesses aus der Erzeugung des Nutzgases. Es stellt außerdem ein wirkungsvolles Mittel dar, den Heizwert des teiladsorbierten Gases, das mit Fremdgas verunreinigt ist, zu nutzen.

[0039] Der Prozessfluss des erfindungsgemäßen Verfahrens wird anhand von zwei Skizzen genauer erläutert, wobei das erfindungsgemäße Verfahren nicht auf diese Ausführungsformen beschränkt ist. FIG. 1 und FIG. 2 zeigen den Prozessfluss des erfindungsgemäßen Verfahrens jeweils mit und ohne Vakuumvorlagebehälter.

[0040] FIG. 1 zeigt beispielhaft einen Reformierofen (1), der mit einem kohlenwasserstoffhaltigen Einsatzgas (2) und Wasserdampf (3) beschickt wird. Dieser wird mit einem kohlenwasserstoffhaltigen Heizgas (4) und Luft (5) beheizt. Dabei erhält man Synthesegas, welches hier beispielhaft als ein Gemisch von Wasserstoff und Kohlenmonoxid dargestellt ist. Bei der Verbrennung des Heizgases entstehen Abgase (4a), die über einen Wärmetauscher (6) Dampf erzeugen (6a). Die Abgase werden anschließend gekühlt als Rauchgase abgegeben (6b). Der Dampf kann bedarfsweise direkt in das Ausgangsgas zurückgeführt werden (6c) oder über ein Ventil abgeblasen werden (6d). Das erhaltene rohe Synthesegas (3a) strömt in eine Kühlvorrichtung (7), in der es gekühlt und weiter in die Vorrichtung zur Konvertierung von Kohlenmonoxid (8) geleitet wird (7a). Handelt es sich bei der Kühleinrichtung um einen Wärmetauscher, so kann aus dem heißen Nutzgas Dampf gewonnen werden (7b). In der CO-Konvertierung (8) wird das in dem rohen Synthesegas enthaltene Kohlenmonoxid (CO) in Kohlendioxid (CO₂) umgewandelt. Dabei erhält man Synthesegas (8a) mit einem Überschuss an Kohlendioxid. Dieses wird in die Vorrichtung zur Druckwechseladsorption (9) geleitet. In dieser Einheit wird hier beispielhaft das Kohlendioxid entfernt, so dass man ein gereinigtes Synthesegas (9a) erhält, welches überwiegend aus Wasserstoff besteht. Bei der Entspannung der Adsorptionsbehälter erhält man überwiegend desorbiertes Fremdgas (9b), welches noch mitadsorbiertes Synthesegas enthält. Dieses wird in den Vorlagebehälter für das Heizgas (10) gegeben. Von dort aus kann es beliebig in das Heizgas für die Synthesegaserzeugung (10a) eingespeist werden. Bedarfswise kann es auch mit dem Desorptionsgas zurückvermischt werden (10b). Zur weiteren Desorption (9c) wird an die Druckwechseladsorptionseinheit ein Vakuum angelegt, welches über eine Vakuumleitung (9c) einem Vakuumvorlagebehälter (11) entnommen wird. Das Vakuum in dem Vorlagebehälter (11) wird über eine Vakuumleitung (11a) durch einen Ejektor (12) erzeugt, welcher durch den unter Druck stehenden Dampf (6a) aus dem Dampferzeuger (6) angetrieben wird. Der Ejektor (12) erzeugt zumindest zum überwiegenden Teil das Vakuum im Vakuumvorlagebehälter (11). Auf der Austrittsseite erhält man das vakuumdesorbierte Gas (12a), welches in einen Kondensator (13) geleitet wird. Man erhält dadurch ein Kondensat, welches ausgespeist werden kann (13a), zur Dampferzeugung an den Prozess zurückgeführt oder in den Wasserdampf als Ausgangsgas (3) zurückgegeben werden kann (13b). Das erhaltene Desorptionsgas kann durch eine Fackelleitung (13c) verbrannt werden, in den Vorlagebehälter (10) für das Heizgas gegeben werden (13d) oder direkt in das Heizgas eingespeist werden (13e). Wird das Kondensat in das Ausgangsgas (3) gegeben, wird es vorteilhaft über einen Zwischenerhitzer (13f) wieder verdampft.

[0041] FIG. 2 zeigt den erfindungsgemäßen Prozess, in dem auf einen Vakuumvorlagebehälter verzichtet wird. Das Synthesegas wird in einem Reformierofen (1) erzeugt, der mit einem kohlenwasserstoffhaltigen Einsatzgas (2) und Wasserdampf (3) beschickt wird. Dieser wird mit einem kohlenwasserstoffhaltigen Heizgas (4) und Luft (5) beheizt. Dabei erhält man Synthesegas, welches hier beispielhaft als ein Gemisch von Wasserstoff und Kohlenmonoxid dargestellt ist. Bei der Verbrennung des Heizgases entstehen Abgase (4a), die über einen Wärmetauscher (6) Dampf erzeugen (6a). Die Abgase werden anschließend gekühlt als Rauchgase abgegeben (6b). Der Dampf kann bedarfsweise direkt in das Ausgangsgas zurückgeführt werden (6c) oder über ein Ventil abgeblasen werden (6d). Das erhaltene rohe Synthesegas (3a) strömt in eine Kühlvorrichtung (7), in der es gekühlt und weiter in die Vorrichtung zur Konvertierung von Kohlenmonoxid (8) geleitet wird (7a). Handelt es sich bei der Kühleinrichtung um einen Wärmetauscher, so kann aus dem heißen Nutzgas Dampf gewonnen werden (7b). In der CO-Konvertierung (8) wird das in dem rohen Synthesegas enthaltene Kohlenmonoxid (CO) in Kohlendioxid (CO₂) umgewandelt. Dabei erhält man Synthesegas (8a) mit einem Überschuss an Kohlendioxid. Dieses wird in die Vorrichtung zur Druckwechseladsorption (9) geleitet. In dieser Einheit wird hier beispielhaft das Kohlendioxid entfernt, so dass man ein gereinigtes Synthesegas (9a) erhält, welches überwiegend aus Wasserstoff besteht. Bei der Entspannung der Adsorptionsbehälter erhält man überwiegend desorbiertes Fremdgas (9b), welches noch mitadsorbiertes Synthesegas enthält. Dieses wird desorbiert und in den Vorlagebehälter für das Heizgas (10) gegeben. Von dort aus kann es beliebig in das Heizgas für die Synthesegaserzeugung (10a) eingespeist werden. Nach Ablauf des Desorptionsprozesses wird über den Ejektor (12) ein Vakuum angelegt und das Desorptionsgas durch Vakuum über eine Vakuumleitung desorbiert (9c). Bedarfsweise kann es auch mit dem Desorptionsgas zurückvermischt werden (10b). Auf der Austrittsseite des Ejektors (12) erhält man das vakuundesorbierte Gas (12a), welches in einen Kondensator (13) geleitet wird. Man erhält dadurch ein Kondensat (13a). Das erhaltene Desorptionsgas kann durch eine Fackelleitung (13c) verbrannt werden, in den Vorlagebehälter (10) für das Heizgas gegeben werden (13d) oder direkt in das Heizgas eingespeist werden (13e).

[0042] Bezugszeichenliste

- 1 Reformierofen
- 2 Kohlenwasserstoffhaltiges Einsatzgas
- 3 Wasserdampf
- 3a Rohes Synthesegas
- 4 Heizgas

- 4a Abgase
- 5 Luft
- 6 Wärmetauscher oder Dampferzeuger
- 6a Dampf
- 6b Rauchgas
- 6c Dampfrückführung
- 6d Dampfabblaseventil
- 7 Kühlvorrichtung für Synthesegas
- 7a Gekühltes Synthesegas
- 7b Dampf
- 8 CO-Konvertierung
- 8a Synthesegas mit Überschuss Kohlendioxid
- 9 Vorrichtung zur Druckwechseladsorption
- 9a Gereinigtes Synthesegas
- 9b Desorbiertes Fremdgas
- 9c Vakuumleitung
- 10 Vorlagebehälter für Heizgas
- 10a Heizgaszuführung
- 10b Heizgasrückführleitung
- 11 Vakuumvorlagebehälter
- 11a Vakuumleitung
- 12 Ejektor
- 12a Vakuumdesorbiertes Gas
- 13 Kondensator
- 13a Kondensiertes Wasser oder Kondensat
- 13b Kondensatrückführung
- 13c Fackelleitung
- 13d Rückführung des getrockneten Desorptionsgases in Vorlagebehälter
- 13e Rückführung des getrockneten Desorptionsgases in Heizgas
- 13f Zwischenerhitzer

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abscheidung von Fremdgasen aus einem reduzierenden Nutzgas durch Druckwechseladsorption (9), wobei
 - durch ein geeignetes Verfahren ein reduzierendes Nutzgas (3a) hergestellt wird, welches neben der reduzierenden Komponente auch eine zu absorbierende Fremdkomponente oder ein Fremdgas enthält, und
 - dieses Gas zur Abscheidung von adsorbierbaren Gasen unter erhöhtem Druck einer Druckwechseladsorptionseinheit (9) zugeführt wird, die das zu absorbierende Gas (8a) durch einen adsorptiven Prozess zurückhält, so das man ein gereinigtes Nutzgas (9a) erhält, und
 - die adsorbierten Gase durch Entspannung der Druckwechseladsorptionseinheit (9) im Gemisch mit Nutzgas (9a) wieder freigesetzt werden und weiterverwendet oder entsorgt werden können,
- dadurch gekennzeichnet, dass**
 - an die Druckwechseladsorptionseinheit (9) nach der Entspannung mit einem Ejektor (12) zur Desorption ein Vakuum (9c) angelegt wird, wodurch die restlichen adsorbierten Gase aus der Druckwechseladsorptionseinheit (9) abgezogen werden können, und
 - der Ejektor (12) mit Dampf (6a) angetrieben wird, der durch Erhitzen mit dem heißen Nutzgas (3a) oder mit den Rauchgasen (4a) aus dem Heizprozess zur Erzeugung des Nutzgases (3a) erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Dampf hinter dem Ejektor (12) durch eine geeignete Vorrichtung (13) kondensiert und das kondensierte Wasser (13b) in den Prozess zur Erzeugung des Nutzgases oder in den Dampferzeuger (6) zum Betrieb des Ejektors (12) zugeführt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Nutzgas (3a) Synthesegas ist und der Prozess zur Erzeugung des Nutzgases ein Dampfreformierprozess ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass als Prozessgas (2) für die Synthesegaserzeugung ein Gemisch aus Erdgas oder leichten Kohlenwasserstoffen und Wasserdampf genutzt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Prozess (1) zur Erzeugung des Nutzgases und vor der Druckwechseladsorption (9) eine Konvertierung (8) des Kohlenmonoxids mit Wasserdampf zu Kohlendioxid und Wasserstoff erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Druckwechseladsorptionseinheit (9) desorbierte Gas als Heizgas (4) zur Erzeugung des Nutzgases (3a) genutzt wird oder im Gemisch mit frischem Heizgas als Brenngas (4) zur Erzeugung des Nutzgases (3a) genutzt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das durch den Ejektor (12) desorbierte und abgezogene Gas direkt durch geeignete Einstellung des Ejektors (12) oder durch geeignete Vorrichtungen mit dem gleichen Druck bereitgestellt wird, mit dem das Heizgas (4) zur Erzeugung des Nutzgases (3a) in den Verbrennungsprozess eingespeist wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das desorbierte Gas vor der Rückführung (13e) in den Heizprozess zur Erzeugung des Nutzgases (3a) in einen Vorlagebehälter (10) geführt wird, der sich zur Speicherung des desorbierten Gases oder zur Speicherung des desorbierten Gases im Gemisch mit einem Heizgas nutzen lässt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Desorption in der Druckwechseladsorptionsanlage (9) zweistufig erfolgt, indem die Desorption (9) zunächst durch Entspannung der Druckwechseladsorptionseinheit (9) und dann durch Anlegen eines Vakuums (9c) erfolgt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Unterdruck zur Desorption der Druckwechseladsorptionseinheit (9) und das desorbierte Gas in einem Vorlagebehälter (11) gespeichert werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der sich der durch den Ejektor (12) erzeugte Unterdruck durch eine weitere Vakuum erzeugende Vorrichtung im Prozessfluss an beliebiger Stelle erhöhen lässt oder der Unterdruck im Vorlagebehälter (11) erhöhen lässt.
- 5 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Ejektor (12) zeitweise oder teilweise oder zeitweise und teilweise mit einem Fremdgas oder dem Synthesegas oder einem Gemisch aus beiden Gasen betrieben wird.
- 10 13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Fremdgas ganz oder teilweise um Dampf aus einer anlagenexternen Quelle handelt.
14. Vorrichtung zur Abscheidung von Fremdgasen aus einem reduzierenden Nutzgas durch Druckwechseladsorption (9), die
- 15
- einen Anlagenteil mit einer Heizeinrichtung zur Erzeugung des Nutzgases (3a) umfasst, wobei
 - sich an den Anlagenteil zur Erzeugung des Nutzgases ein Anlagenteil mit einer Druckwechseladsorption (9) zur Abscheidung von Fremdgasen anschließt, und
 - der Anlagenteil zur Druckwechseladsorption (9) über einen Ejektor (12),
- 20 der zur Erzeugung eines Unterdrucks geeignet ist, zur vollständigen Desorption mit Vakuum beaufschlagbar ist,
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- sich hinter der Heizeinrichtung oder dem Anlagenteil zur Erzeugung des Nutzgases (1) ein Dampferzeuger (7) befindet, der das heiße Rauchgas (4a) und/oder heiße Nutzgas (3a) aus dem Heizprozess zur Erzeugung von heißem Dampf nutzt, und
 - der aus dem Dampferzeuger stammende Dampf zum Antrieb des Ejektors (12) genutzt wird.
- 25
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass sich an der antriebsseitigen Austrittsleitung des Ejektors (12) eine Vorrichtung (13) befindet,
- 30

mit der sich der zum Antrieb des Ejektors (12) genutzte Dampf kondensieren lässt.

- 5 16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass sich an die kondensierende Einrichtung (13) Rohrleitungen anschließen, mit denen sich das Kondensat als Ausgangskomponente (13b) in den Prozess der Nutzgaserzeugung zurückführen lässt.
- 10 17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass sich hinter der Vorrichtung zur Erzeugung des Nutzgases (1) eine Vorrichtung (8) zur Konvertierung des Kohlenmonoxids befindet, die das in dem reduzierenden Nutzgas enthaltene Kohlenmonoxid in ein Gemisch (8a) aus Kohlendioxid und Wasserstoff umwandelt.
- 15 18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass sich zwischen der Erzeugungseinheit (1) für die Erzeugung des Nutzgases und der Vorrichtung (8) zur Konvertierung des Kohlenmonoxids eine Kühlvorrichtung (7) für das Nutzgas befindet.
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Kühlvorrichtung (7) für das Nutzgas um einen Dampferzeuger handelt.
- 20 20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass sich hinter der Vorrichtung (8) zur Konvertierung des Kohlenmonoxids eine Kühlvorrichtung für das Nutzgas befindet.
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Kühlvorrichtung für das Nutzgas hinter der Vorrichtung zur Konvertierung des Kohlenmonoxids um einen Dampferzeuger handelt.
- 25 22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass sich hinter der Druckwechseladsorptionseinheit (9) auf der Saugseite des Ejektors (12) ein Vorlagebehälter (11) für das erzeugte Vakuum befindet.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass sich hinter der Druckwechseladsorptionseinheit (9) ein Vorlagebehälter (10) für Heizgas befindet, der auch über die Austrittsseite des Ejektors (12) oder über einen dem Ejektor (12) nachgeschalteten Kondensator (13) über Rohrleitungen (13d) mit dem desorbierten Fremdgas versorgt werden kann.

5

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass sich saugseitig hinter dem Ejektor (12) eine Vorrichtung befindet, die Vakuum erzeugt, so dass sich mit dieser das durch den Ejektor (12) erzeugte Vakuum verstärken lässt.

10

FIG. 1

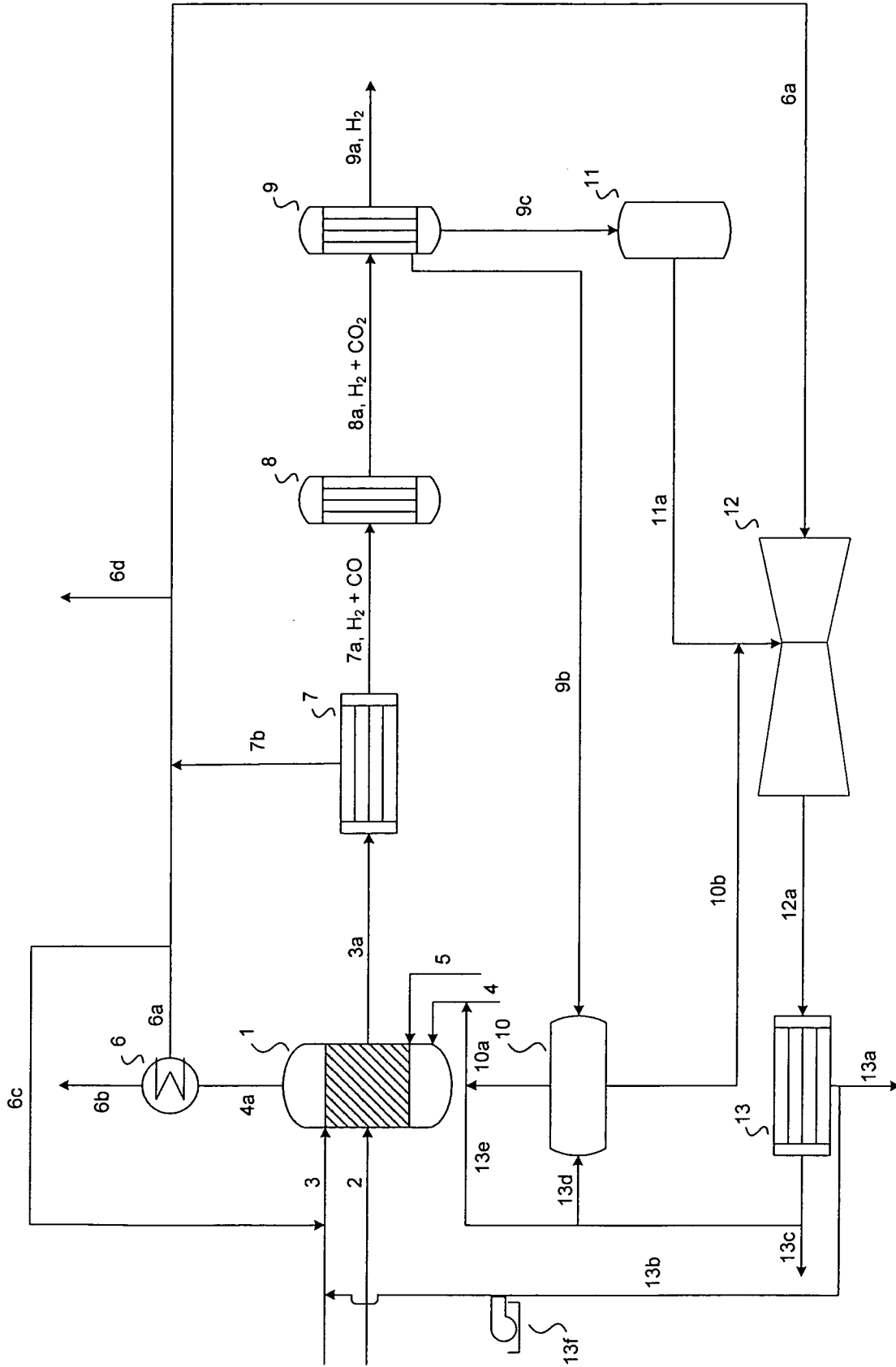
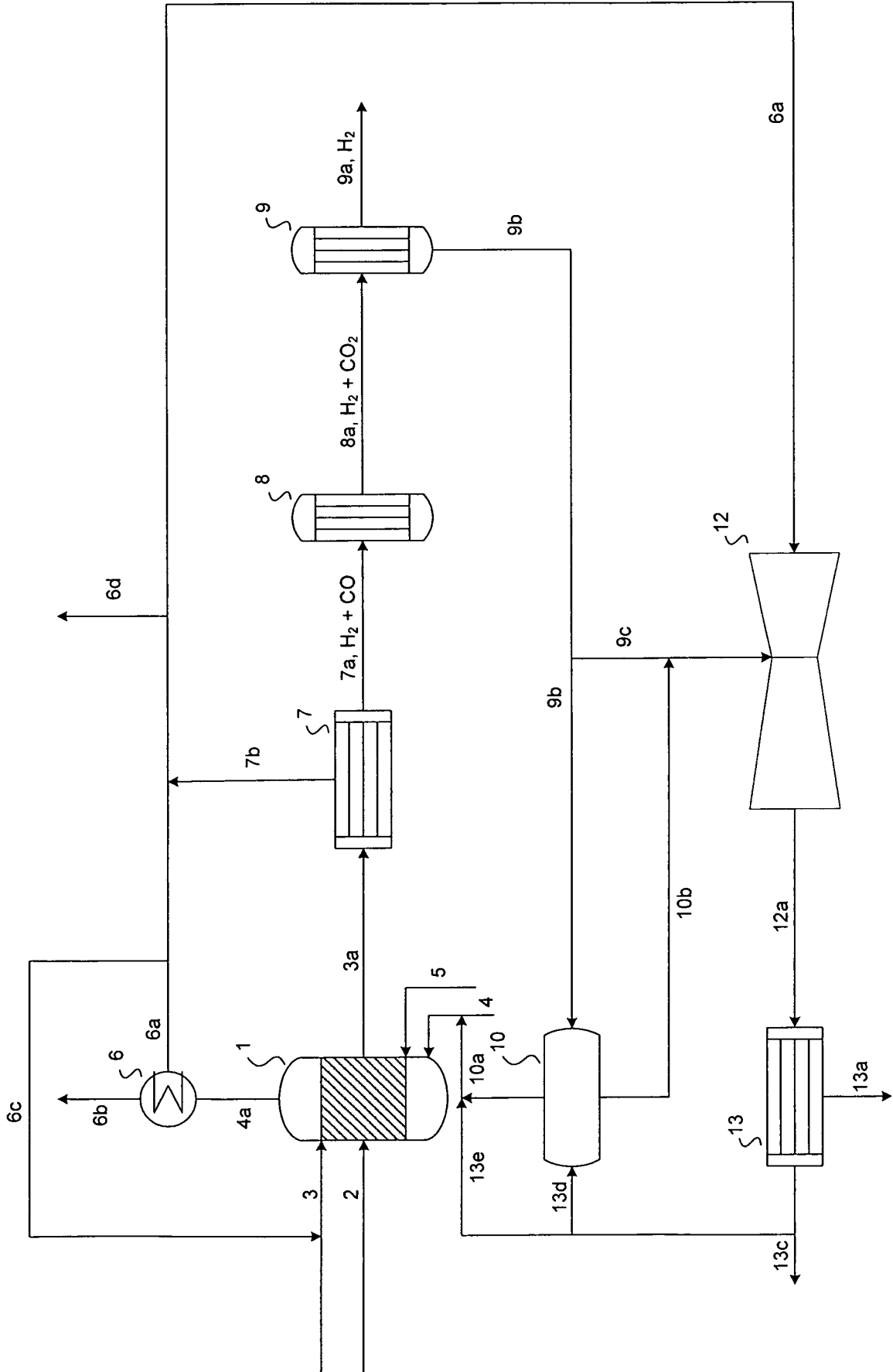


FIG. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/001092

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B01D53/047 C01B3/56

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)
B01D C01B

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 practical, 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.
Y	EP 1 101 731 A (KRUPP UHDE GMBH [DE] UHDE GMBH [DE]) 23 May 2001 (2001-05-23) cited in the application paragraphs [0001], [0008], [0010], [0030], [0034] - [0036]; figure -----	1-24
Y	EP 0 864 351 A (BOC GROUP PLC [GB]) 16 September 1998 (1998-09-16) column 1, line 3 - column 2, line 31; figure -----	1-24
Y	US 3 141 748 A (HOKE RONALD C ET AL) 21 July 1964 (1964-07-21) column 1, lines 11-22 column 14, lines 51-64; figure 2 -----	1-24

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 document 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

22 Juli 2009

Date of mailing of the international search report

31/07/2009

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

Persichini, Carlo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2009/001092

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1101731	A	23-05-2001	DE 19955676 A1 US 6740258 B1	13-06-2001 25-05-2004
EP 0864351	A	16-09-1998	AU 725579 B2 AU 5387298 A CA 2227799 A1 CN 1193097 A US 5989315 A	12-10-2000 03-09-1998 26-08-1998 16-09-1998 23-11-1999
US 3141748	A	21-07-1964	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/001092

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B01D53/047 C01B3/56

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B01D C01B

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.
Y	EP 1 101 731 A (KRUPP UHDE GMBH [DE] UHDE GMBH [DE]) 23. Mai 2001 (2001-05-23) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0001], [0008], [0010], [0030], [0034] - [0036]; Abbildung	1-24
Y	EP 0 864 351 A (BOC GROUP PLC [GB]) 16. September 1998 (1998-09-16) Spalte 1, Zeile 3 - Spalte 2, Zeile 31; Abbildung	1-24
Y	US 3 141 748 A (HOKE RONALD C ET AL) 21. Juli 1964 (1964-07-21) Spalte 1, Zeilen 11-22 Spalte 14, Zeilen 51-64; Abbildung 2	1-24

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* älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
22. Juli 2009	31/07/2009

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 Persichini, Carlo
--	--

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/001092

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1101731	A	23-05-2001	DE	19955676 A1	13-06-2001
			US	6740258 B1	25-05-2004
EP 0864351	A	16-09-1998	AU	725579 B2	12-10-2000
			AU	5387298 A	03-09-1998
			CA	2227799 A1	26-08-1998
			CN	1193097 A	16-09-1998
			US	5989315 A	23-11-1999
US 3141748	A	21-07-1964	KEINE		