

(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
18. Oktober 2012 (18.10.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/140060 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
C10L 9/08 (2006.01) *B01J 8/18* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/056550
- (22) Internationales Anmeldedatum:
11. April 2012 (11.04.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2011 001 954.5
11. April 2011 (11.04.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ORFIST AG** [CH/CH]; Baarerstraße 20, CH-6300 Zug (CH).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ACHERMANN, Peter** [CH/CH]; Baarerstraße 20, CH-6304 Zug (CH).
VYSKOCIL, Jan [CH/CH]; Baarerstraße 20, CH-6304 Zug (CH).
- (74) Anwalt: **CHRIST, Niko**; Geitz Truckenmüller Lucht, Patentanwälte, Kriegsstr. 234, 76135 Karlsruhe (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, CL, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CARRYING OUT A HYDROTHERMAL CARBONISATION REACTION AND REACTION TANK THEREFOR

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR DURCHFÜHRUNG EINER HYDROTHERMALEN KARBONISIERUNGSREAKTION UND REAKTIONSTANK HIERFÜR

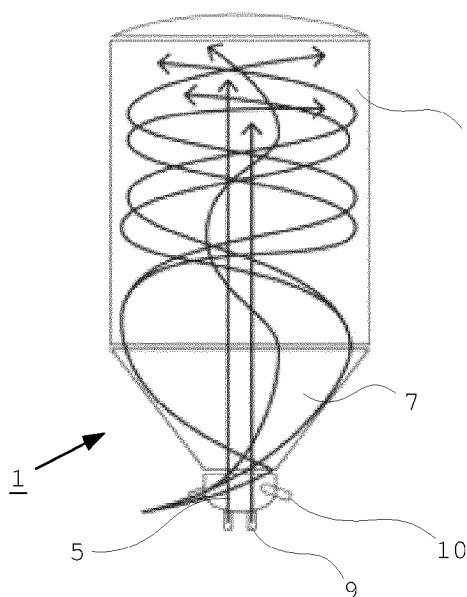


Fig. 4

(57) **Abstract:** Known methods for hydrothermal carbonisation are very time-intensive, as the carbonisation reaction only proceeds gradually in the biomass used therefor. This is because of the different reaction conditions prevailing in different parts of the biomass. These also cause an inhomogeneous reaction product. The object of the invention is both to accelerate the method and to improve the result. This is achieved by swirling the biomass inside the available reaction space with the aid of blower nozzles, which blow in the steam at a high speed so that the biomass is swirled. This ensures that the carbonisation reaction can proceed uniformly and promptly after the biomass is introduced.

(57) **Zusammenfassung:** Bekannte Verfahren zur hydrothermalen Karbonisierung sind sehr zeitintensiv, da in der hierfür eingesetzten Biomasse die Karbonisierungsreaktion erst nach und nach abläuft. Dies liegt an den unterschiedlichen, in verschiedenen Teilen der Biomasse herrschenden Reaktionsbedingungen. Diese verursachen auch ein inhomogenes Reaktionsprodukt. Aufgabe der Erfindung ist sowohl die Beschleunigung des Verfahrens, als auch die Verbesserung des Ergebnisses. Dies gelingt durch eine Verwirbelung der Biomasse innerhalb des zur Verfügung stehenden Reaktionsraums mithilfe von Einblasdüsen, welche den Dampf mit hoher Geschwindigkeit so einblasen, dass die Biomasse aufgewirbelt wird. Hierdurch wird gewährleistet, dass die Karbonisierungsreaktion gleichmäßig und zeitnah nach dem Einbringen der Biomasse ablaufen kann.



— *mit geänderten Ansprüchen und Erklärung gemäss
Artikel 19 Absatz 1*

VERFAHREN ZUR DURCHFÜHRUNG EINER
HYDROTHERMALEN KARBONISIERUNGSREAKTION
UND REAKTIONSTANK HIERFÜR

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Durchführung einer hydrothermalen Karbonisierungsreaktion, bei welchem einem Reaktionsraum Biomasse zugeführt und durch Einblasen von Dampf die für den Ablauf einer hydrothermalen Karbonisierungsreaktion erforderlichen Reaktionsbedingungen hinsichtlich Druck und Temperatur geschaffen werden, sowie einen Reaktionstank zur Durchführung dieses Verfahrens.

Ein derartiges Verfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung desselben ist bereits aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 10 2007 022 840 A1 vorbekannt. Dieses Verfahren sieht vor, dass in einer Reaktionskette zunächst ein Vorbehandlungsschritt durchgeführt wird, wonach die vorbehandelte Biomasse, welche hierbei vorgeheizt wird, in einen Reaktionsraum verbracht wird. Während des Transports der Biomasse aus dem Vorheizbehälter in den Reaktionsraum mithilfe einer Förderpumpe wird hierbei eine Druckerhöhung durchgeführt. Die in dem Reaktionsraum angekommene Biomasse wird sodann einer weiteren Druckerhöhung unterzogen, sowie mit Dampf, insbesondere Wasserdampf, beaufschlagt, um die Reaktionsbedingungen für eine hydrothermale Karbonisierung zu schaffen.

Die wesentlichen Prozessparameter, welche zum Ablaufen der hydrothermalen Karbonisierungsreaktion erforderlich sind, sind ein ausreichender Druck in der Größenordnung von ca. 25 bar und eine Temperatur von oberhalb 180°C, vorzugsweise zwischen 210 und 230°C. Es besteht hierbei jedoch das Problem,

- 2 -

dass die in den Reaktionsraum eingeförderte Biomasse eine gewisse Wärmekapazität aufweist und daher zunächst die äußeren, erst deutlich verzögert dann die inneren Bereiche der zugeführten Biomasse die erforderlichen Reaktionsparameter erreichen, so dass die Karbonisierungsreaktion zunächst außen und deutlich verzögert erst innen stattfindet.

Um dies zu umgehen, ist es bekannt, quirlartige Mischvorrichtungen innerhalb des Reaktionsraums vorzusehen, um eine gleichmäßige Verteilung der Temperatur bzw. des Drucks in der Biomasse zu erreichen. Dieses Vorgehen beschleunigt allerdings die Karbonisierungsreaktion bzw. das vollständige Durchreagieren der Biomasse nur in einem sehr geringen Umfang.

Um den Durchsatz eines Reaktors zu erhöhen und damit die zur Aufrechterhaltung des Drucks und der Temperatur erforderliche Energie besser ausnutzen zu können, stellt sich die vorliegende Erfindung die Aufgabe, das Verfahren zur Durchführung einer hydrothermalen Karbonisierungsreaktion weiter zu verbessern.

Dies gelingt durch ein Verfahren zur Durchführung einer hydrothermalen Karbonisierungsreaktion gemäß den Merkmalen des Hauptanspruchs sowie durch einen Reaktionstank einer Anlage zur hydrothermalen Karbonisierung von Biomasse gemäß den Merkmalen des nebengeordneten Anspruchs 10. Weitere, sinnvolle Ausgestaltungen des Verfahrens und des Reaktionstanks können den jeweiligen Unteransprüchen entnommen werden.

Die grundsätzliche der Erfindung zu Grunde liegende Idee besteht darin, die Biomasse in dem Reaktionsraum möglichst gleichmäßig und möglichst fein zu verteilen, so dass die hyd-

- 3 -

rothermale Karbonisierungsreaktion zum einen möglichst zeitgleich in der gesamten Biomasse abläuft und damit die Gesamtdauer der Behandlung eines Batches möglichst weit gesenkt wird, und andererseits die Karbonisierungsreaktion möglichst
5 vollständig in der gesamten Biomasse abläuft, um den Ertrag möglichst weitgehend zu erhöhen.

Hierzu wird damit gearbeitet, dass zeitgleich der benötigte Dampf mit der Biomasse in den Reaktionsraum eingebracht wird.
10 Die Biomasse wird hierbei mit dem Dampfstrahl in Kontakt gebracht, so dass aufgrund der kinetischen Energie des Dampfstrahls eine Verwirbelung der Biomasse in dem Reaktionsraum eintritt, welche aufgrund der ebenfalls vorhandenen Wärmeenergie des Dampfstrahls auch zu einer Erhitzung der Biomasse
15 auf die erforderliche Temperatur führt. Gleichzeitig oder auch unabhängig hiervon kann eine Druckerhöhung in dem Reaktionsraum stattfinden, um so die erforderlichen Umgebungsparameter für das Ablaufen der hydrothermalen Karbonisierungsreaktion zu schaffen. Indem der Dampfstrahl auf die Biomasse
20 direkt gerichtet und diese in dem Reaktionsraum verwirbelt wird erfolgt zum einen eine gleichmäßige Verteilung der Biomasse in dem Reaktionsraum, und zum anderen eine weitere Zerkleinerung der Biomasse, so dass die Oberfläche der zu karbonisierenden Biomasse deutlich vergrößert wird. Damit wächst
25 auch die Angriffsfläche für Druck und Temperatur, so dass die Karbonisierungsreaktion weitgehend zeitgleich in der gesamten Biomasse ablaufen kann.

Im Einzelnen kann hierzu ein Reaktionsstank verwendet werden,
30 welcher verschiedene Arten von Einblasdüsen zum Einblasen des Dampfes aufweist. Eine erste Sorte von Einblasdüsen sind tangential zu einer lotrecht stehenden Längsachse des Reaktionsraums aufgestellt, so dass diese eine kreisförmige Verwirbe-

- 4 -

lung der Biomasse innerhalb des Reaktionsraums bewirken. Diese tangentialen Einblasdüsen können beispielsweise in einer Ebene angeordnet sein und in vier verschiedene Windrichtungen zeigen. Hierbei ist die Einblasrichtung vorzugsweise wind-
5 schief gegenüber der genannten Längsachse des Reaktionsraums, so dass der aus den Einblasdüsen eingebrachte Dampf die Längsachse praktisch umkreist. Es sind jedoch von der Erfindung auch ausdrücklich andere Anordnungen der tangentialen Einblasdüsen mit abgedeckt.

10

Ergänzend oder alternativ können auch vertikale Einblasdüsen vorgesehen sein, deren Einblasrichtung parallel zu der genannten Längsachse des Reaktionsraums verläuft, wodurch ein Aufwirbeln der Biomasse gegen die Schwerkraft bewirkt wird.

15

Je nach gewünschtem Reaktionsverlauf können entweder die tangentialen oder die vertikalen Einblasdüsen verwendet werden, auch eine Kombination oder ein zeitliches Abwechseln bzw. späteres Zu- und Abschalten einzelner Düsen ist je nach gewünschtem Ablauf der Reaktion möglich.

20

Insbesondere wird als besonders vorteilhaft angesehen, wenn zunächst mithilfe der tangentialen Einblasdüsen eine Verwirbelung der Biomasse in dem Reaktionsraum erfolgt, und nach Einsetzen der Karbonisierungsreaktion dann die vertikalen

25

Einblasdüsen zugeschaltet werden. Dies hat den Hintergrund, dass nach dem Einsetzen der Karbonisierungsreaktion die leichteren, karbonisierten Teilchen sich eher in der Verwirbelungsmittle aufhalten werden. Dementsprechend ist es vorgesehen, die vertikalen Einblasdüsen so anzuordnen, dass sie

30

hauptsächlich den Mittelteil der Verwirbelung anblasen und somit die bereits karbonisierten, leichteren Teilchen weiter in den Reaktionsraum hinein verbringen. Insbesondere bietet es sich hierzu an, dass der Reaktionsraum ein langgestreckter

- 5 -

Zylinder ist, welcher idealerweise im Bodenbereich die Einblasdüsen aufweist. Ergänzend kann ein unterer Abschnitt des Reaktionsraums im Bereich der Einblasdüsen trichterförmig zulaufend sein, um die gezielte Rückführung der außerhalb der
5 Wirbel wieder herabregnenden Biomasse zu den Einblasdüsen zu gewährleisten.

Um eine genügende kinetische Energie auf die Biomasse wirken zu lassen, ist es zudem vorgesehen, dass der Dampf mit einer
10 besonders hohen Geschwindigkeit, vorzugsweise Überschallgeschwindigkeit, also ca. 350 m/s, in den Reaktionsraum eingeblasen wird. Durch diese enorme kinetische Energie erfolgt zum einen eine besonders gleichmäßige Verteilung der Biomasse in dem Reaktionsraum und andererseits auch ein weiteres Auf-
15 brechen der Strukturen der Biomasse, was zu einer feineren Korngröße und damit zu einem schnelleren Ablauf der Reaktion führt.

Eine Beschleunigung der Reaktion kann zudem dadurch erreicht
20 werden, dass ein Vorheizen der Biomasse vor dem Einbringen in den Reaktionsraum durchgeführt wird, wobei die Vorheizung der Biomasse idealerweise in der Größenordnung von 140°C vorgenommen wird.

25 Der gesamte erfindungsgemäße Prozess wie vorstehend beschrieben kann beispielsweise über eine Prozesssteuerung beeinflusst werden, indem entweder vorab eine auf die verwendete Biomasse angepasste Programmierung geladen oder während des Prozesses durchgeführt wird. Die wesentlichen Einstellpara-
30 meter hierfür sind die Vorheiztemperatur der Biomasse, die Einblasgeschwindigkeit des Dampfes sowie die zeitliche und räumliche Verteilung des Dampfes auf die verschiedenen Einblasdüsen, welche wesentlichen Einfluss auf die Verteilung der Bio-

- 6 -

masse in dem Reaktionsraum haben. Hierdurch ist es möglich, innerhalb des Reaktionsraums verschiedene Temperatur- und Energiezonen einzustellen, so dass nicht lediglich die üblicherweise bei dem Prozess zu gewinnende Kohle entsteht, sondern auch ein Betrieb beispielsweise als „Bio-Reaktor“ möglich ist, in welchem neben der Kohle noch andere Produkte wie beispielsweise Furfurale, insbesondere Hydroxymethylfurfural (HMF) entstehen.

10 Hierzu kann der Reaktionsraum in mehrere Teile unterteilt sein, nämlich insbesondere einen Verwirbelungsbereich und einen Reaktionsbereich, wobei zunächst die Verwirbelung in dem Verwirbelungsbereich stattfindet und dann nach Einsetzen der vertikalen Einblasdüsen die Biomasse in den Reaktionsbereich
15 reich verbracht wird, wo der hauptsächliche Teil der Karbonisierungsreaktion abläuft. Aufgrund dieses vorbeschriebenen Systems besteht die Möglichkeit, zwei oder mehrere verschiedene energetische Potenziale in einem Reaktionsraum zu erhalten und gleichzeitig eine möglichst weitgehende, gleichmäßige
20 Durchmischung zu gewährleisten.

Die vorstehend beschriebene Erfindung wird im Folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

25 Es zeigen

Figur 1 eine Anlage zur Durchführung einer hydrothermalen Karbonisierungsreaktion in einer schematischen, perspektivischen Ansicht von schräg oben,

30

Figur 2 ein Reaktionstank mit tangentialen und vertikalen Einblasdüsen bei Betrieb lediglich der tangentialen

- 7 -

Einblasdüsen in einer seitlichen Schnittdarstellung,
lung,

Figur 3 der Reaktionstank gemäß Figur 2 bei Betrieb lediglich
5 der vertikalen Einblasdüsen in einer seitlichen Schnittdarstellung,

Figur 4 der Reaktionstank gemäß Figur 2 bei Betrieb sowohl
der tangentialen als auch der vertikalen Einblasdü-
10 sen in einer seitlichen Schnittdarstellung,

Figur 5 eine Dampfzuführung mit tangentialen und vertikalen
Einblasdüsen in einer Draufsicht von oben, sowie

15 Figur 6 die Dampfzuführung gemäß Figur 5 in einer perspektivischen Schnittdarstellung von schräg oben.

Figur 1 zeigt eine Anlage zur Durchführung einer hydrothermalen Karbonisierung, welche einen Reaktionstank 1 umfasst, in
20 welchem die eigentliche Karbonisierungsreaktion abläuft. Diesem Reaktionstank 1 wird über eine Biomassenzuführung 3 aus einem Vorheiztank 2 vorgeheizte Biomasse mit einer Temperatur von ca. 140°C zugeführt. Dies erfolgt über eine Biomasspumpe 4. Gleichzeitig wird mithilfe einer Dampfpumpe 6 heißer
25 Wasserdampf einer Dampfzuführung 5 des Reaktionstanks 1 zur Verfügung gestellt, so dass die Biomasse und der Dampf gleichzeitig in den Reaktionstank 1 eingebracht werden können. In dem Reaktionstank 1 werden hierdurch die Reaktionsbedingungen für den Ablauf der hydrothermalen Karbonisierung
30 geschaffen, welche im Wesentlichen aus einem geeigneten Druck in Höhe von ca. 25 bar und einer geeigneten Temperatur in Höhe von ca. 210 bis 230°C bestehen.

- 8 -

Um sicherzustellen, dass die Biomasse möglichst gleichmäßig der hydrothermalen Karbonisierungsreaktion unterworfen wird, erfolgt eine Verteilung der Biomasse innerhalb des Reaktions- tanks 1. Hierzu weist der Reaktions tank 1, welcher im Wesent-
5 lichen zylindrisch geformt ist und eine trichterförmige Aus- bildung im Bodenbereich aufweist, welche in der Dampfzufüh- rung 5 mündet, im Bereich dieser Dampfzuführung 5 vertikale Einblasdüsen 9 und tangentiale Einblasdüsen 10 auf.

10 In Figur 2 ist zunächst gezeigt, wie eine Verwirbelung der Biomasse durch den über die tangentialen Einblasdüsen 10 ein- geblasenen Dampf erfolgt. Im Wesentlichen wird aufgrund die- ser tangentialen Einblasdüsen 10 eine rotatorische Verwirbe- lung um die Längsachse des Reaktionstanks 1 herum stattfin-
15 den, wobei dieser Teil der Verwirbelung zu Beginn der Reakti- on eingesetzt wird. Erst nach Einsetzen der eigentlichen Kar- bonisierung wird dann die in der Figur 3 gezeigte zweite Kom- ponente zugeschaltet, nämlich das vertikale Einblasen von Dampf über vertikale Einblasdüsen 9. Während zunächst die
20 rotatorische Verwirbelung in einem unteren Verwirbelungsbe- reich 7 des Reaktionstanks 1 stattgefunden hat, wird aufgrund dieser zusätzlichen, vertikalen Komponente der Verwirbelung eine größere Verteilung der reagierenden Biomasse in dem Re- aktionstank 1 bewirkt, so dass auf diese Weise verschiedene
25 energetische Potenziale in dem Behälter realisiert werden können. Durch die mit der vertikalen Verschiebung einherge- henden Dekompression kann die Karbonisierungsreaktion in dem oberen Reaktionsbereich 8 des Reaktors langsamer und gleich- mäßiger ablaufen als in dem die Karbonisierungsreaktion ini-
30 tiierenden Verwirbelungsbereich 7, in dem sich die Biomasse nach Eintritt in den Reaktionstank 1 zunächst aufhält. Eine Überlagerung der beiden Verwirbelungskomponenten ist schließ- lich in der Figur 4 gezeigt.

Figur 5 zeigt sodann eine Draufsicht auf die Dampfzuführung 5, welche im Wesentlichen schüsselförmig aufgebaut ist und im vorliegenden Beispiel insgesamt vier tangentiale Einblasdüsen 10 sowie vier vertikale Einblasdüsen 9 aufweist. Die als Venturi-Düsen ausgestalteten tangentialen Einblasdüsen 10 sind so ausgerichtet, dass ihre Einblasrichtung windschief zu einer Längsachse des Reaktionstanks 1 in vier unterschiedliche Richtungen verläuft. Im vorliegenden Beispiel strahlen sämtliche vier tangentialen Einblasdüsen 10 in einer gemeinsamen Ebene, jedoch ist es ohne Weiteres auch möglich, den tangentialen Einblasdüsen eine vertikalen Komponente mitzugeben, um eine bereits in diesem Stadium zumindest leicht nach oben gerichtete Verwirbelung zu erreichen.

Figur 6 zeigt deutlicher die vertikalen Einblasdüsen 9, welche im Wesentlichen parallel zu einer lotrecht stehenden Längsachse des Reaktionstanks 1 ausgerichtet sind. Die vertikalen Einblasdüsen 9 sind im Wesentlichen auf das Zentrum einer Verwirbelung ausgerichtet, welche um die Längsachse des Reaktionstanks 1 aufgrund der Wirkung der tangentialen Einblasdüsen 10 entsteht. Die vertikalen Einblasdüsen 9 werden bevorzugtermaßen erst dann zugeschaltet, wenn die Karbonisierungsreaktion durch die tangentialen Einblasdüsen 10 bereits begonnen hat.

Vorstehend beschrieben ist somit ein Verfahren und ein Reaktionstank zum Durchführen einer hydrothermalen Karbonisierungsreaktion, welche durch das Einblasen von Dampf mithilfe von vertikalen und/oder tangentialen Einblasdüsen eine möglichst gleichmäßige, ideale Verteilung der Biomasse in dem Reaktionsraum und damit ein möglichst gleichmäßiges und ideales Ablaufen der Karbonisierungsreaktion ermöglichen. Insbe-

- 10 -

sondere wird hierdurch ermöglicht, zwei verschiedene energetische Potenziale in einem Reaktionsraum zu realisieren und gleichzeitig die Durchmischung der Biomasse zu verbessern. Im Resultat wird dadurch das Ergebnis der Karbonisierungsreaktion sowohl beschleunigt als auch in der Qualität und Effizienz verbessert.

B E Z U G S Z E I C H E N L I S T E

- 1 Reaktionstank
- 2 Vorheiztank
- 3 Biomassenzuführung
- 4 Biomassenpumpe
- 5 Dampfzuführung
- 6 Dampfpumpe
- 7 Verwirbelungsbereich
- 8 Reaktionsbereich
- 9 vertikale Einblasdüse
- 10 tangentiale Einblasdüse

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Durchführung einer hydrothermalen Karboni-
5 sierungsreaktion, bei welchem einem Reaktionsraum Biomasse zugeführt und durch Einblasen von Dampf die für den Ablauf einer hydrothermalen Karbonisierungsreaktion erforderlichen Reaktionsbedingungen hinsichtlich Druck und Temperatur geschaffen werden,
10 **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Dampfstrahl auf die Biomasse direkt gerichtet und diese in dem Reaktionsraum verwirbelt wird.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
15 der Dampf mittels tangentialer Einblasdüsen (10) eingeblasen wird, deren Einblasrichtung windschief gegenüber einer vorzugsweise lotrecht stehenden Längsachse des Reaktionsraums verläuft.
- 20 3. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Dampf mittels vertikaler Einblasdüsen (9) eingeblasen wird, deren Einblasrichtung parallel zu einer vorzugsweise lotrecht stehenden Längsachse des Reaktionsraums verläuft.
- 25 4. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst Dampf mittels tangentialer Einblasdüsen (10) eingeblasen wird, deren Einblasrichtung windschief gegenüber einer vorzugsweise lotrecht stehenden Längsachse des
30 Reaktionsraums verläuft und nach Einsetzen der Karbonisierungsreaktion vertikale Einblasdüsen (9), deren Einblasrichtung parallel zu der Längsachse des Reaktionsraums verläuft, zugeschaltet werden.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die vertikalen Einblasdüsen (9) im Wesentlichen ausschließlich auf das Zentrum der von den tangentialen Einblasdüsen (10) verursachten Verwirbelung gerichtet sind.
6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Dampf mit Hochgeschwindigkeit, vorzugsweise Überschallgeschwindigkeit, in den Reaktionsraum eingeblasen wird.
7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Dampf und Biomasse gleichzeitig in den Reaktionsraum eingebracht werden.
8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Biomasse vor dem Einbringen in den Reaktionsraum auf zumindest näherungsweise 140°C vorgeheizt wird.
9. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen einer Parametrierung der Karbonisierungsreaktion die Vorheiztemperatur der Biomasse, die Einblasgeschwindigkeit des Dampfes, sowie die zeitliche und räumliche Verteilung des Dampfes auf verschiedene Einblasdüsen (9, 10), vorzugsweise über eine Prozesssteuerung, beeinflusst und/oder vorab festgelegt werden können.
10. Reaktionstank einer Anlage zur hydrothermalen Karbonisierung von Biomasse, welcher einen Reaktionsraum mit Mitteln zur Zuführung von Biomasse (3) und Mitteln zur Zuführung von Dampf (5) umschließt,

- 14 -

dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Zuführung von Dampf (5) wenigstens eine in einem bodennahen Verwirbelungsbereich (7) des Reaktionsraums angeordnete Einblasdüse (9, 10) zur Verwirbelung der Biomasse mithilfe des zuströmenden Dampfes umfassen.

- 5
11. Reaktionstank gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Zuführung von Dampf (5) wenigstens eine tangentielle Einblasdüse (10) umfassen, deren Einblasrichtung windschief gegenüber einer vorzugsweise lotrecht stehenden Längsachse des Reaktionsraums verläuft.
- 10
12. Reaktionstank gemäß einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Zuführung von Dampf (5) wenigstens eine vertikale Einblasdüse (9) umfassen, deren Einblasrichtung parallel zu einer vorzugsweise lotrecht stehenden Längsachse des Reaktionsraums verläuft.
- 15
- 20 13. Reaktionstank gemäß einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den Einblasdüsen um Venturidüsen handelt.

GEÄNDERTE ANSPRÜCHE
beim Internationalen Büro eingegangen am 05. September 2012 (05.09.2012)

GEÄNDERTE PATENTANSPRÜCHE

GEMÄSS ART. 19 PCT

- 5 1. Verfahren zur Durchführung einer hydrothermalen Karbonisierungsreaktion, bei welchem einem Reaktionsraum Biomasse zugeführt und durch Einblasen von Dampf die für den Ablauf einer hydrothermalen Karbonisierungsreaktion erforderlichen Reaktionsbedingungen hinsichtlich Druck und
10 Temperatur geschaffen werden,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Dampfstrahl auf die Biomasse direkt gerichtet und diese in dem Reaktionsraum verwirbelt wird.
- 15 2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Dampf mittels tangentialer Einblasdüsen (10) eingeblasen wird, deren Einblasrichtung windschief gegenüber einer Längsachse des Reaktionsraums verläuft.
- 20 3. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Dampf mittels vertikaler Einblasdüsen (9) eingeblasen wird, deren Einblasrichtung parallel zu einer Längsachse des Reaktionsraums verläuft.
- 25 4. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst Dampf mittels tangentialer Einblasdüsen (10) eingeblasen wird, deren Einblasrichtung windschief gegenüber einer Längsachse des Reaktionsraums verläuft und nach Einsetzen der Karbonisierungsreaktion vertikale Einblasdüsen (9), deren Einblasrichtung parallel zu der
30 Längsachse des Reaktionsraums verläuft, zugeschaltet werden.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die vertikalen Einblasdüsen (9) im Wesentlichen ausschließlich auf das Zentrum der von den tangentialen Einblasdüsen (10) verursachten Verwirbelung gerichtet sind.
- 5 6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Dampf mit Überschallgeschwindigkeit in den Reaktionsraum eingeblasen wird.
- 10 7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Dampf und Biomasse gleichzeitig in den Reaktionsraum eingebracht werden.
8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, da-
15 durch gekennzeichnet, dass die Biomasse vor dem Einbringen in den Reaktionsraum auf zumindest näherungsweise 140°C vorgeheizt wird.
9. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, da-
20 durch gekennzeichnet, dass im Rahmen einer Parametrierung der Karbonisierungsreaktion die Vorheiztemperatur der Biomasse, die Einblasgeschwindigkeit des Dampfes, sowie die zeitliche und räumliche Verteilung des Dampfes auf verschiedene Einblasdüsen (9, 10) über eine Prozesssteuerung beeinflusst und/oder vorab festgelegt werden können.
- 25 10. Reaktionstank einer Anlage zur hydrothermalen Karbonisierung von Biomasse, welcher einen Reaktionsraum mit Mitteln zur Zuführung von Biomasse (3) und Mitteln zur Zuführung von Dampf (5) umschließt, wobei die Mittel zur
30 Zuführung von Dampf (5) wenigstens eine in einem bodennahen Verwirbelungsbereich (7) des Reaktionsraums angeord-

nete Einblasdüse (9, 10) zur Verwirbelung der Biomasse mithilfe des zuströmenden Dampfes umfassen,

dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Zuführung von Dampf (5) wenigstens eine tangentielle Einblasdüse (10) umfassen, deren Einblasrichtung windschief gegenüber einer Längsachse des Reaktionsraums verläuft, sowie ferner eine vertikale Einblasdüse (9) umfassen, deren Einblasrichtung parallel zu einer Längsachse des Reaktionsraums verläuft.

11. Reaktionstank gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den Einblasdüsen um Venturidüsen handelt.

Erklärung nach Art. 19 PCT

Hiermit wird erklärt, dass die beigefügten, geänderten Patentansprüche gemäß Art. 19 PCT wie folgt geändert wurden:

Zunächst ist in den ursprünglichen Anspruch 10, dessen Merkmale nunmehr den Oberbegriff des neuen, geltenden Anspruchs 10 bilden, die Merkmale des bisherigen Anspruchs 11 und 12 als neues Kennzeichen eingearbeitet worden. Der nachfolgende, bisherige Anspruch 13, jetzt Anspruch 11, wurde demgemäß in seinem Rückbezug und seiner Nummerierung geändert.

In den Ansprüchen 2, 3, 4 sowie den ursprünglichen Ansprüchen 11 und 12 wurde die Formulierung „vorzugsweise lotrecht stehenden“ gestrichen.

In Anspruch 5 wurde die Formulierung „im Wesentlichen ausschließlich“ gestrichen.

In Anspruch 6 wurde die Formulierung „Hochgeschwindigkeit, vorzugsweise“ sowie das Komma nach dem Begriff „Überschallgeschwindigkeit“ gestrichen.

In Anspruch 9 wurde die Formulierung „, vorzugsweise“ sowie das Komma nachdem Wort „Prozesssteuerung“ gestrichen.

Es wird erklärt, dass weitere Änderungen über die genannten Änderungen hinaus nicht vorgenommen worden sind, so dass der Gegenstand der nun vorliegenden, geänderten Patentansprüche weiterhin ursprünglich offenbart ist.

Z E I C H N U N G

1 / 4

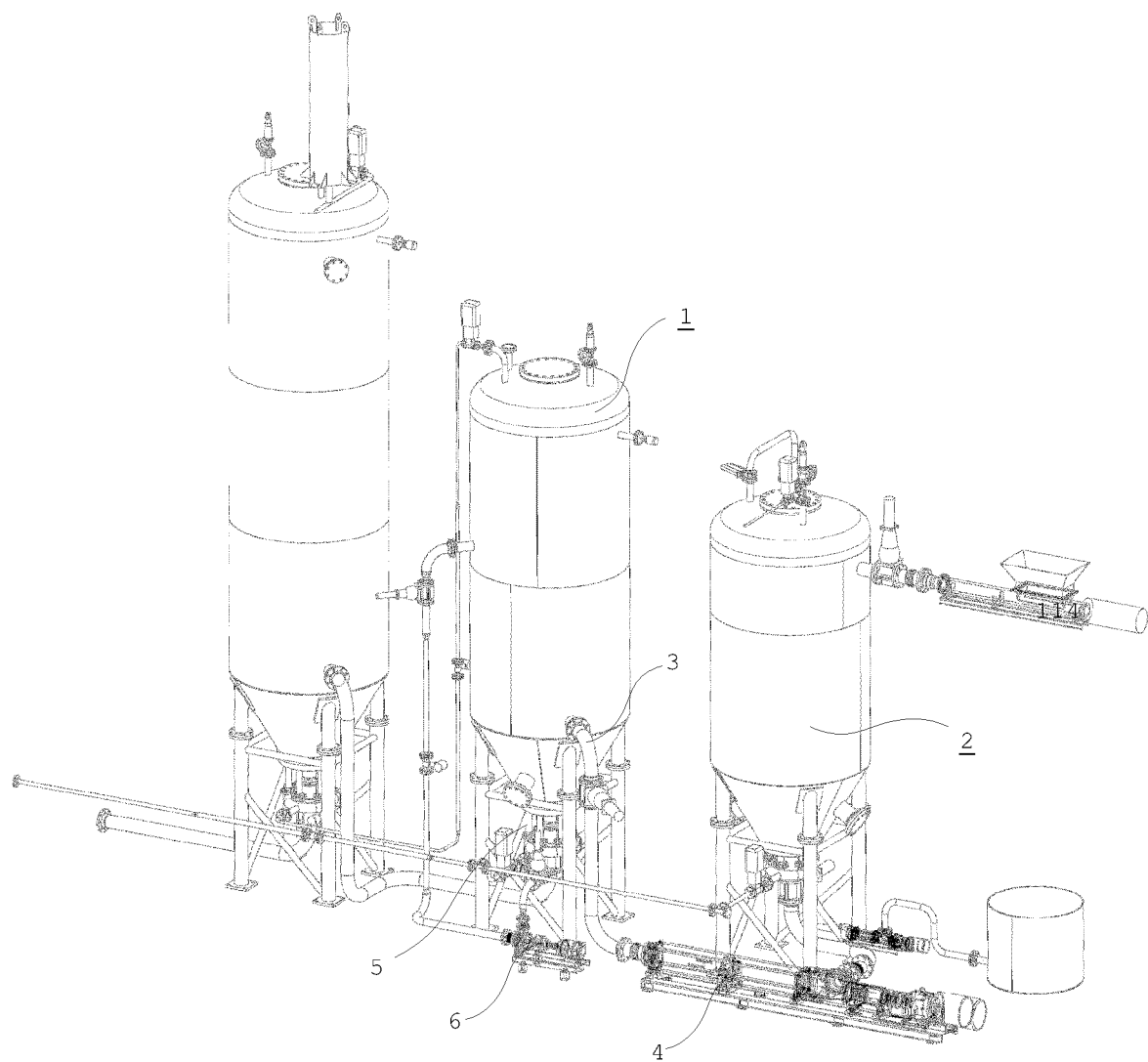


Fig. 1

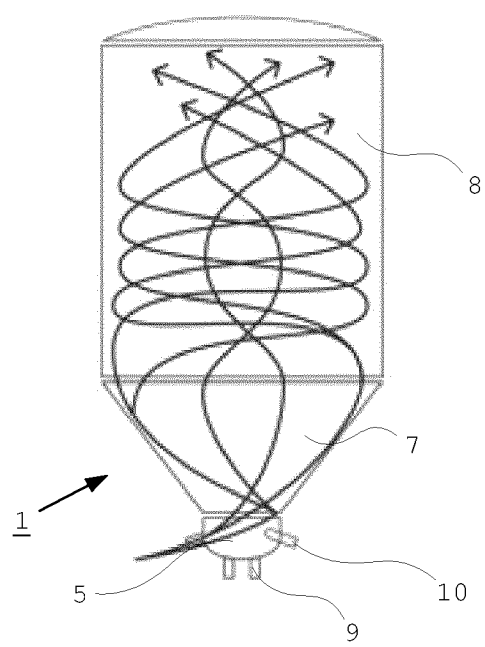


Fig. 2

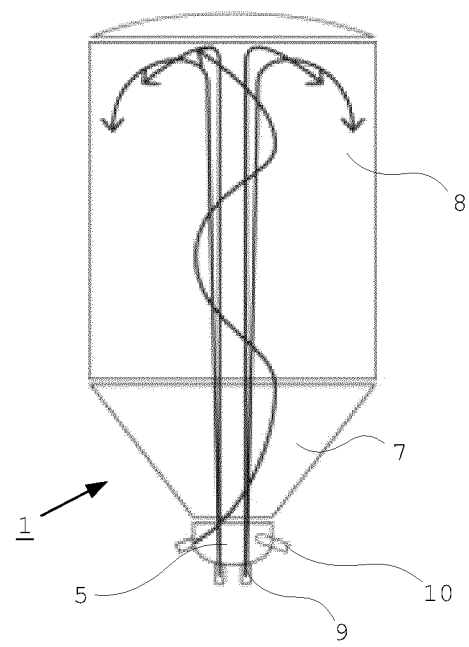


Fig. 3

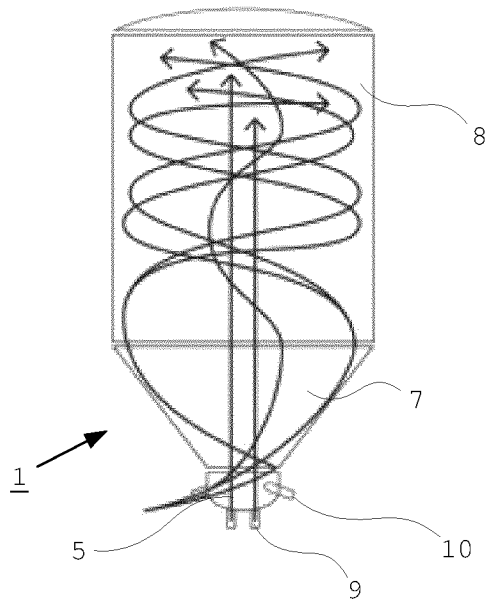


Fig. 4

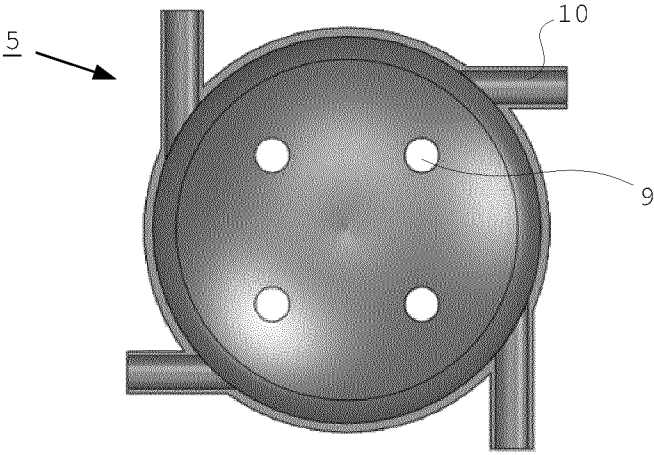


Fig. 5

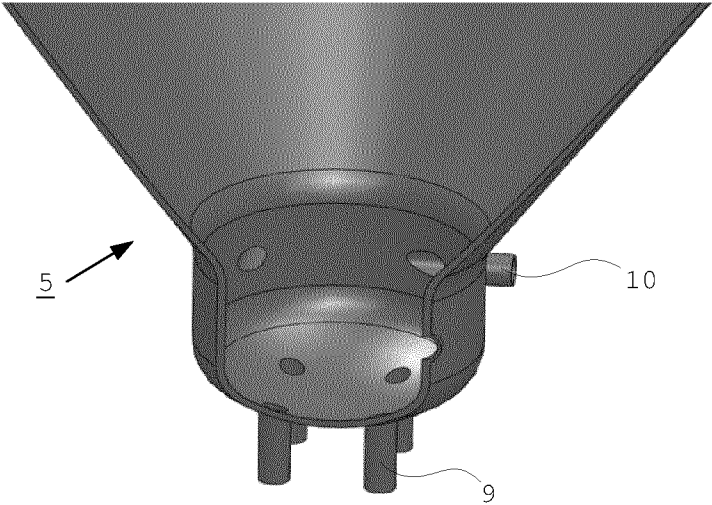


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/056550

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. C10L9/08 B01J8/18 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) C10L B01J		
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	WO 2010/092040 A1 (CSL CARBON SOLUTIONS LTD [GB]; STARK ARNE [DE]; ANTONIETTI MARKUS [DE]) 19 August 2010 (2010-08-19) claims 1-3 -----	1-10
X	US 2009/064580 A1 (NICOLL DAVID H [US] ET AL) 12 March 2009 (2009-03-12) claims 1,15; figures 1,2 -----	10,12,13
X	US 4 435 364 A (VORRES KARL S [US]) 6 March 1984 (1984-03-06) column 5, lines 63-66; figures 2-6 -----	10,11,13
☐ 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 25 June 2012	Date of mailing of the international search report 05/07/2012	
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 Greß, Tobias	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/056550

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2010092040	A1	19-08-2010	AR 075386 A1 30-03-2011
			AU 2010212967 A1 01-09-2011
			CA 2751545 A1 19-08-2010
			EP 2396392 A1 21-12-2011
			US 2012000120 A1 05-01-2012
			WO 2010092040 A1 19-08-2010

US 2009064580	A1	12-03-2009	AU 2008298733 A1 19-03-2009
			CN 101883630 A 10-11-2010
			EP 2200737 A1 30-06-2010
			US 2009064580 A1 12-03-2009
			WO 2009036225 A1 19-03-2009

US 4435364	A	06-03-1984	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. C10L9/08 B01J8/18
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 C10L B01J

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	WO 2010/092040 A1 (CSL CARBON SOLUTIONS LTD [GB]; STARK ARNE [DE]; ANTONIETTI MARKUS [DE]) 19. August 2010 (2010-08-19) Ansprüche 1-3 -----	1-10
X	US 2009/064580 A1 (NICOLL DAVID H [US] ET AL) 12. März 2009 (2009-03-12) Ansprüche 1,15; Abbildungen 1,2 -----	10,12,13
X	US 4 435 364 A (VORRES KARL S [US]) 6. März 1984 (1984-03-06) Spalte 5, Zeilen 63-66; Abbildungen 2-6 -----	10,11,13



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

25. Juni 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/07/2012

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

Greß, Tobias

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/056550

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
WO 2010092040	A1	19-08-2010	AR 075386 A1	30-03-2011
			AU 2010212967 A1	01-09-2011
			CA 2751545 A1	19-08-2010
			EP 2396392 A1	21-12-2011
			US 2012000120 A1	05-01-2012
			WO 2010092040 A1	19-08-2010

US 2009064580	A1	12-03-2009	AU 2008298733 A1	19-03-2009
			CN 101883630 A	10-11-2010
			EP 2200737 A1	30-06-2010
			US 2009064580 A1	12-03-2009
			WO 2009036225 A1	19-03-2009

US 4435364	A	06-03-1984	KEINE	
