

(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
25. August 2011 (25.08.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/101020 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B01J 19/20 (2006.01) C10J 3/10 (2006.01)
C10J 3/66 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/051938

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. Februar 2010 (16.02.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **GIM HOLDING BV** [NL/NL]; Elbereveldstraat 510, NL-6466 KP Kerkrade (NL).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BRUECK, Gernot K.** [DE/NL]; Slot Harenlaan 24, NL-6432 JP Hoensbroek (NL).

(74) Anwalt: **ZAPF, Christoph**; Patent- und Rechtsanwälte, Dr. Solf & Zapf, Hauptstr. 97, 51465 Bergisch Gladbach (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, DE, 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, RO, RS, RU, 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, 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, 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)

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OBTAINING COMBUSTIBLE FUELS AND GASES FROM ORGANIC MATERIALS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR GEWINNUNG VON BRENNBAREN TREIBSTOFFEN UND GASEN AUS ORGANISCHEN STOFFEN

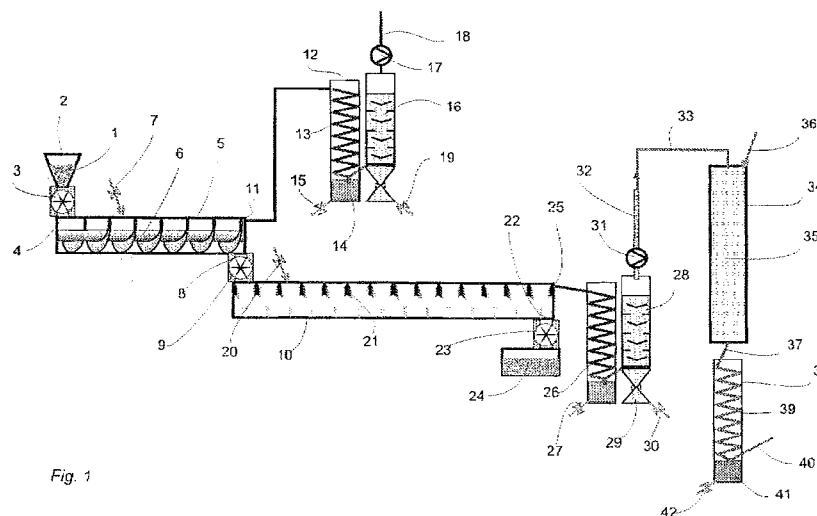
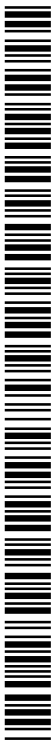


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for obtaining combustible fuels and gases from organic materials (1), wherein the organic materials (1) are thermally decomposed and thereby the combustible fuels and gases are formed and carbon is formed. The carbon produced in the thermal decomposition is reacted in a steam atmosphere to form carbon monoxide and hydrogen in a synthesis process following the decomposition. The invention further relates to a corresponding hybrid device, comprising a decomposition reactor (5) and to a synthesis reactor (10).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von brennbaren

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2011/101020 A1

Treibstoffen und Gasen aus organischen Stoffen (1), wobei die organischen Stoffe (1) unter Bildung der brennbaren Treibstoffe und Gase und unter Bildung von Kohlenstoff thermisch zersetzt werden. Es wird vorgeschlagen, dass der bei der thermischen Zersetzung erzeugte Kohlenstoff in einem der Zersetzung nachgeschalteten Syntheseprozess in Wasserdampfatmosphäre zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff umgesetzt wird. Eine entsprechende Hybridvorrichtung mit einem Zersetzungsreaktor (5) und einem Synthesereaktor (10) wird ebenfalls vorgeschlagen.

„Verfahren und Vorrichtung zur Gewinnung von brennbaren Treibstoffen und Gasen aus organischen Stoffen“

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von brennbaren Treibstoffen und Gasen aus organischen Stoffen, wobei die organischen Stoffe unter Bildung der brennbaren Treibstoffe und Gase und unter Bildung von Kohlenstoff thermisch zersetzt werden.

Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung eines derartigen Verfahrens, mit einem Reaktor zur thermischen Zersetzung organischer Stoffe unter Bildung von brennbaren Treibstoffen und Gasen und unter Bildung von Kohlenstoff.

Verfahren und Vorrichtungen zur Gewinnung von brennbaren Treibstoffen und Gasen aus organischen Stoffen sind beispielsweise als seit einigen Jahren in Betrieb befindliche Anlagen zur Umsetzung von Biomaterialien in Biogas allgemein bekannt – gleichzeitig aber auch die gewaltigen Probleme, in denen die gesamte Branche steckt.

So steigt zum einen der Aufwand für derartige Verfahren in Gestalt der Preise für Pflanzen, die Fett, Kohlenhydrate und Proteine enthalten, unaufhörlich immer weiter an, so dass sich schon allein daraus die Dringlichkeit einer Steigerung der Verfahrenseffizienz ableitet. Zum anderen verbleibt noch immer ein Anteil von etwa 25 bis

35 % von nicht fermentierfähigen organischen Stoffen völlig ungenutzt. Darüber hinaus ist auch oftmals die Entsorgung von beispielsweise Kunststoffabfällen entweder mit hohem technologischen Aufwand verbunden, oder aber es wird auf diesem Sektor leider auch in hohem Maße wertvolle und nutzbare Energie durch simples Verbrennen nutzlos verschleudert.

Ein gewisser Anteil von organischen Materialien wird auch, insbesondere in Pyrolyseanlagen, unter Bildung von brennbaren Treibstoffen und Gasen und unter Bildung von Kohlenstoff thermisch zersetzt, wobei aber auch hier die Effizienz sehr zu wünschen übrig lässt und dies zudem immer nicht unerhebliche Investitionen voraussetzt. Die Qualität der so erzeugten Gase ist dabei - einerseits bedingt durch die Unterschiedlichkeit der thermisch zu zersetzenden organischen Materialien, andererseits in Abhängigkeit von der Art der jeweils gewählten Einstellungen bei der Prozessführung – oftmals sehr uneinheitlich. Der verfahrensgemäß bekanntermaßen in der Regel vermischt mit anorganischem Material, wie z. B. mit Metallen oder Salzen, anfallende Kohlenstoff muss dabei als unverwertbare Asche entsorgt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, auf technologisch wenig aufwändige Art ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, mit denen der Verwertungsgrad der bei der Gewinnung von brennbaren Treibstoffen und Gasen eingesetzten organischen Stoffe gesteigert werden kann.

Gemäß dem Verfahren nach der Erfindung wird dies dadurch erreicht, dass der bei der thermischen Zersetzung erzeugte Kohlenstoff in einem der Zersetzung nachgeschalteten Syntheseprozess in Wasserdampf-Atmosphäre zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff umgesetzt wird.

Bei der Vorrichtung nach der Erfindung wird dies dadurch erreicht, dass dem Reaktor zur thermischen Zersetzung technologisch ein Synthesereaktor zur Bildung von Kohlenmonoxid und Wasserstoff aus Wasserdampf und aus dem im Reaktor zur

thermischen Zersetzung gebildeten Kohlenstoff nachgeschaltet ist, wobei die Reaktoren über eine Zuführung für den Kohlenstoff aus dem Reaktor zur thermischen Zersetzung in den Synthesereaktor miteinander verbunden sind.

Mit einer derartigen Hybridanlage kann vorteilhafterweise eine bis zu 100 %-ige Umsetzung der zu zersetzenden organischen Stoffe erfolgen, wobei außerdem mit Vorteil die Erzeugung des im Synthesereaktor hergestellten wasserstoffhaltigen Gases von der Erzeugung der in der Stufe der thermischen Zersetzung entstehenden Gase getrennt werden kann. Obwohl bei der thermischen Zersetzung mit vorteilhaft hoher technologischer Flexibilität wahlweise verschiedene Materialien mit jeweils an deren chemische Zusammensetzung angepassten unterschiedlichen Temperatur-Regimen eingesetzt und dekomponiert werden können, bleibt die Syntheseeinheit davon unberührt und arbeitet immer identisch.

So kann die thermische Zersetzung der organischen Stoffe als sogenannte Flash-Pyrolyse in einem Temperaturbereich von 300 °C bis 600 °C durchgeführt werden, wobei bezogen auf 100 % Trockenmasse der organischen Stoffe etwa 75 % bis 85 % brennbare Treibstoffe und Gase und etwa 15 % bis 25 % Kohlenstoff entstehen. Wichtig zur erfindungsgemäßen vollen Nutzung der Energie der eingesetzten organischen Stoffe ist dabei die Umsetzung des Kohlenstoffs. Nimmt man z. B. Holz als zu zersetzende organische Substanz bzw. als Energielieferanten, welches einen Heizwert von etwa 18 MJ/kg der Trockensubstanz besitzt, dann machen 20 % Restkohlenstoff mit einem Heizwert von etwa 34 MJ/kg immerhin ca. 38 % der dem Holz immanenten Energie aus, die im Vergleich mit einem Verfahren ohne Synthesestufe erfindungsgemäß mehr genutzt werden können.

Eine andere Möglichkeit besteht - wenn eine hohe Wasserstoffausbeute gewünscht ist - darin, die thermische Zersetzung der organischen Stoffe als sogenannte Monocarbon-Thermolyse in einem Temperaturbereich von 650 °C bis 800 °C durchzuführen, wobei bezogen auf 100 % Trockenmasse der organischen Stoffe mehr als 20

% Kohlenstoff – gemeinsam mit CO, H₂, CH₄ – gebildet wird, was dann für die Synthesereaktion zur Verfügung steht, wobei die Zusammensetzung von der Art des Eingangsmaterials und dessen Feuchtigkeit abhängt.

Hierbei ist zu beachten, dass die Menge des bei der thermischen Zersetzung entstehenden Kohlenstoffs von der Temperatur abhängt; je höher diese ist, umso mehr Kohlenstoff wird freigesetzt, weil dieser, wie nachfolgend noch im Detail gezeigt wird, an den thermolytischen Schnittstellen der polymeren organischen Moleküle entsteht. Je kurzkettiger aufgrund einer höher gewählten Temperatur die Schnittstücke sind, umso mehr elementarer Kohlenstoff kann entstehen.

Es ist dabei ohne Verfahrensnachteile auch möglich, dass die thermisch zu zersetzenden organischen Stoffe Bestandteile enthalten, aus denen bei der thermischen Zersetzung anorganische Ascheprodukte entstehen. Auch können während der thermischen Zersetzung der organischen Stoffe dem Prozess insbesondere in Wasser gelöste funktionelle Zusätze, wie Salze und Salzbildner, beispielsweise Phosphorsäure oder Kalilauge, zugeführt werden – so um z. B. nitrose Gase als Ammoniumphosphate oder Schwefeloxide als Kaliumsulfat zu binden.

Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zugrunde, dass eine Kombination von thermischer Zersetzung und Synthese in einem einzigen Reaktorraum zu Problemen führt. Während beispielsweise eine Thermolyse abläuft, entstehen um die sich zersetzenden Partikel der organischen Stoffe herum expandierende Gaswolken, die den für eine Umsetzung zu Wasserstoff und Kohlenmonoxid erforderlichen Wasserdampf gewissermaßen vom Reaktionsort wegdrücken würden, so dass kein Wassermolekül an den Kohlenstoff gelangt. Außerdem verbleibt bei einer Thermolyse - wie von der Herstellung von Aktivkohle bekannt - auch immer ein stabiles Kohlenstoffgerüst im entstehenden Kohlenstoff, so dass hier die Oberfläche zwar theoretisch groß, den Wassermolekülen aber nur in begrenztem Maße zugänglich ist, so dass keine vollständige Umsetzung erfolgen kann.

Ein wichtiger Schritt zur Vollnutzung der in den zu zersetzenden organischen Stoffen enthaltenen Energie ist auch die Aufteilung der Hybridvorrichtung in die Stufe der Zersetzung mit dem o. g. mittleren oder mit dem o. g. höher liegenden, aber gegenüber der Temperatur der Synthesestufe, die - wegen der hohen Reinheit der Kohle und auch wegen der gegebenenfalls vorhandenen Präsenz chemisch inaktiver anorganischer Stoffe - als Hochtemperaturprozess im Temperaturbereich von 850 °C bis 1000 °C durchgeführt wird, vergleichsweise niedrigeren Temperaturbereich.

Der CO/H₂-Produktion kann in einem weiteren Reaktor eine Wassergas-Shift-Reaktion nachgeschaltet werden, womit bei Temperaturen zwischen 250 °C und 450 °C an einem Eisen(III)-oxid Katalysator das Kohlenmonoxid in einem exothermen Prozess in Wasserdampf-Atmosphäre zu Kohlendioxid umgewandelt wird, wobei sich die Wasserstoffmenge etwa verdoppelt.

Das erfindungsgemäße Verfahren mit dem Zersetzungs- und dem Syntheseprozess kann, obwohl anaerob und jeweils als endotherme Reaktion – also nicht autotherm – geführt, in der Gesamtbilanz mit hoher Energieeffizienz realisiert werden, da einerseits die für Zersetzung und Synthese benötigte Energie zumindest zu mehr als 80 %, vorzugsweise zu mehr als 95 %, durch Verbrennung der aus den organischen Stoffen gewonnenen brennbaren Treibstoffe und Gase und/oder auch durch Rekuperation der im Wassergas-Shift-Prozess entstehende Wärme bereitgestellt werden kann, denn nur bei einer ersten oder bei einer eventuell nach Stillstandszeiten wiederholten Inbetriebnahme der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist ein einmaliger Energieinput, beispielsweise mit extern zugeführtem verbrennendem Heizgas, notwendig. Im stationären Zustand kann die Wärme zu 100 % prozessimmanent bereitgestellt werden. Außerdem gelangt der Kohlenstoff aus der Stufe der Zersetzung der organischen Stoffe bevorzugt unmittelbar – also ohne Abkühlung und Zwischenlagerung, d. h. schon mit der in der Zersetzungsstufe herrschenden Reaktionstemperatur - in den Synthesereaktor, so dass in der Synthesestufe nur

noch der Differenzbetrag an Energie zum Erreichen der dort maßgeblichen Temperatur aufzuwenden ist.

In den Reaktoren der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere in dem Reaktor zur thermischen Zersetzung, kann vorzugsweise eine Förderung des Gutes mittels Förderschnecken erfolgen. Hierbei können in die Schnecken integrierte Spachtel- und/oder Rolleinheiten das organische Material sehr fein über die Ofenunterseite verteilen, so dass alle Partikel über Kontaktwärme aus der Reaktorwandung direkt auf eine optimale Flash-Temperatur von beispielsweise ca. 475 °C gebracht werden können. Dahinter angebrachte Schabereinheiten können sodann den Boden bzw. die Reaktorwandung von Anhaftungen befreien und ihn frei für den folgenden Direktkontakt mit den organischen Stoffen machen. Außerdem können mit einem Rollensystem an der Schnecke gleichzeitig auch die entstehenden Kohlenstoffagglomerate aufgebrochen werden, so dass nur noch Kohlenstaub, in der Regel vermischt mit anorganischem Material, der Austragungsstelle aus dem Reaktor zugeführt wird.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsmerkmale und Vorteile der Erfindung sind in der nachfolgenden Beschreibung und in den Unteransprüchen enthalten.

Anhand eines bevorzugten, in den beiliegenden Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels des Verfahrens und zwei bevorzugten konstruktiven Varianten für einen Reaktor der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird die Erfindung näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 ein technologisches Schema einer bevorzugten Ausführung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

- Fig. 2 eine schematische Darstellung der Interaktion von Wasserdampf mit Partikeln eines sich im gleichen Reaktionsraum thermisch zersetzenden organischen Stoffes,
- Fig. 3 eine Darstellung der thermischen Zersetzung eines unverzweigten Alkan-Kettenmoleküls bei vergleichsweise höherer Temperatur,
- Fig. 4 eine Darstellung der thermischen Zersetzung eines unverzweigten Alkan-Kettenmoleküls bei vergleichsweise niedrigerer Temperatur,
- Fig. 5 eine Querschnittsdarstellung einer ersten bevorzugten Ausführung eines erfindungsgemäß bei der thermischen Zersetzung von organischen Stoffen einsetzbaren Reaktors,
- Fig. 6 bis 8 vergrößerte Details der Darstellung in Fig. 5 bei verschiedenen Arbeitsstellungen einer Förderschnecke im Reaktor zur thermischen Zersetzung,
- Fig. 9 eine Querschnittsdarstellung einer weiteren bevorzugten Ausführung eines erfindungsgemäß bei der thermischen Zersetzung von organischen Stoffen einsetzbaren Reaktors,
- Fig. 10 eine vergrößerte Einzeldarstellung einer Baugruppe des in Fig. 9 dargestellten Reaktors zur thermischen Zersetzung.

Gemäß einem Verfahren nach der Erfindung wird in einer erfindungsgemäßen Anlage zur Gewinnung von brennbaren Treibstoffen und Gasen ein organischer feuchtigkeitshaltiger Stoff 1 - oder auch ein Stoffgemisch - in einem beheizten Trichter 2 auf einen gewünschten Gehalt an Trockensubstanz eingestellt.

Als organische Stoffe 1 können dabei Pflanzenreste, wie Holz oder Kompost, Biomasse, Hausmüll, Kunststoffabfälle, Klärschlämme, Fleischabfälle, Altauoreifen und dergleichen mehr eingesetzt werden. Die zur Bildung der brennbaren Treibstoffe und Gase eingesetzten organischen Stoffe können dabei 5 % bis 50 %, vorzugsweise 15 % bis 20 %, Feuchtigkeit enthalten, die bevorzugt durch die der thermischen Zersetzung vorgeschaltete Trocknung eingestellt wird. Die thermisch zu zersetzenden organischen Stoffe 1 können dabei auch Bestandteile enthalten, aus denen bei der thermischen Zersetzung anorganische Ascheprodukte entstehen.

Nicht dargestellt ist dabei in Fig. 1, dass der zur Bildung der brennbaren Treibstoffe und Gase eingesetzte organische Stoff 1 bzw. die organischen Stoffe 1 vor der Zersetzung und Trocknung zerkleinert, insbesondere auf mittlere Partikelgrößen im Bereich von 2 mm bis 5 mm zerkleinert, werden sollte(n), wobei vorzugsweise eine Abmessung in einer räumlichen Dimension der Partikel (Länge, Breite, Höhe) kleiner sein sollte als 100 µm. Dadurch weisen die Partikel ein für die Zersetzungsreaktion und für - im Sinne des Wärmeübergangs - den thermischen Angriff optimales Verhältnis von Oberfläche zu Volumen auf.

Aus dem Trichter 2 fällt der organische Stoff 1 in eine Schleuse 3, die in der Zeichnung exemplarisch als Zellradschleuse dargestellt ist, und gelangt über die Öffnung 4 in den Innenraum des Reaktors 5 für die Zersetzung. Die Schleuse 3 schließt dabei den Reaktor auch luftdicht zur Materialzuführung hin ab. In dem Reaktor 5 wird die thermische Zersetzung des organischen Stoffes 1 als anaerober Prozess geführt, wobei der organische Stoff 1 auch insbesondere unter Schutzgas in den Reaktor 5 eingebracht werden können. Innerhalb des Reaktors 5 für die Zersetzung bewegt eine sich axial erstreckende Förderschnecke 6 das Material kontinuierlich bis zur Austragsöffnung 8, welche wiederum in einer gasdichten Schleuse 9, insbesondere einer Zellradschleuse, mündet.

Der Reaktor 5 für die Zersetzung verfügt auch über eine Zuführung 7, über die Wasser, gegebenenfalls mit darin gelösten funktionellen Zusätzen, zugeführt werden kann.

Die Förderschnecke 6 weist immer Querriegel auf, die längs zum Gehäuse des Zersetzungsreaktors 5 verlaufen. Hierfür reichen zunächst einfache Kratz- und Wenderiegel - wie der in Fig. 5 mit dem Bezugszeichen 62 bezeichnete Riegel – wobei aber auch Riegel mit weiteren Funktionen hinzukommen können, wie auch den nachfolgend noch beschriebenen Fig. 5 bis 10 zu entnehmen ist.

Bei beliebig einstellbaren Temperaturen, beispielsweise im Temperaturbereich zwischen 300 °C und 600 °C, wird der organische Stoff im Reaktor 5 dann thermisch zersetzt, insbesondere einer Thermolyse unterzogen. Die beschriebene Ausgestaltung der Förderschnecke 6 erlaubt neben Hochtemperaturthermolysen auch die Durchführung der bereits erwähnten Flash-Pyrolysen. Bei einer solchen Quasi-Flash-Pyrolyse wird in einem Mitteltemperatur-Prozess, vorzugsweise bei ca. 475 °C, das organische Material 1 unter Sauerstoffausschluss sehr schnell erhitzt. Hierbei werden insbesondere kleine Partikel bei sehr hohen Aufheiz- und Wärmeübertragungsraten zersetzt, wobei üblicherweise etwa 60 % bis 70 % (dann bei Raumtemperatur) flüssige Produkte als brennbare Treibstoffe entstehen, sowie zusätzlich jeweils noch etwa 10 % bis 20 % brennbares Gas und etwa 15 % bis 25 % Restkohlenstoff, bezogen auf 100 % Trockensubstanz der Organik (organischer Stoff 1). Der Kohlenstoff mischt sich mit gegebenenfalls vorhandenem oder sich bildendem anorganischen Material, wie z. B. Metallen oder Salzen.

Die thermische Zersetzung der organischen Stoffe 1 kann auch als sogenannte Monocarbon-Thermolyse in einem Temperaturbereich von 650 °C bis 800 °C erfolgen, wobei bezogen auf 100 % Trockenmasse der organischen Stoffe 1 nur mehr CO, H₂, CH₄ und Kohlenstoff entstehen.

Das entstandene Gas wird am Gasauslass 11 ausgekoppelt und gelangt in einen Gaskühler 12, in dem es in einer Kühlschlange 13 beispielsweise auf eine für eine später zum Einsatz des Gases zur Verstromung geeignete Temperatur von 50 °C herunter gekühlt wird. Flüssige Anteile kondensieren aus und werden im Behälter 14 gesammelt. Hieraus können die flüssigen Brennstoffe sowie Restwasser über einen Auslass 15 abgezogen werden.

Das Gas strömt dann in eine Gaswäsche 16. Bei dieser Gaswäsche 16 der durch die thermische Zersetzung entstandenen Gase können als Waschflüssigkeiten Öle, insbesondere Pflanzenöle, vorzugsweise Rapsöl, eingesetzt werden. Rapsöl besitzt eine besonders gute Fähigkeit, Teere zu binden. Die mit Feststoff, insbesondere mit Kohlenstoff, beladene Waschflüssigkeit wird über einen Auslass 19 abgesaugt und kann als Eingangsmaterial dem Prozess der thermischen Zersetzung der organischen Stoffe 1 zugeführt werden. Dies kann insbesondere dann geschehen, wenn sich im Reaktor derart viel Kohlenstaub gebildet hat, dass die Viskosität so stark angestiegen ist, dass das Gas nur noch begrenzt die Waschflüssigkeit durchlaufen kann.

Das gereinigte Gas wird mittels einer Pumpe 17 abgesaugt und in eine Gasversorgungsanlage 18 gedrückt, worin sich Gas-Sensoren und Volumenzähler befinden.

Die Mischung aus reinem Kohlenstoff und anorganischem Material gelangt über die bereits erwähnte gasdichte Schleuse 9 unmittelbar in einen Synthesereaktor 10. Dadurch, dass die Reaktoren 5, 10 übereinander angeordnet sind, kann der Kohlenstoff dabei auch unter der Wirkung seines Eigengewichts aus dem Reaktor 5 zur thermischen Zersetzung in den Synthesereaktor 10 fließen. Die Förderenergie wird dadurch gering gehalten.

Im Synthesereaktor 10 wird der bei der Zersetzung erzeugte Kohlenstoff in einem räumlich und zeitlich der Zersetzung nachgeschalteten Syntheseprozess in Wasser-

dampfatosphäre bei Temperaturen im Bereich von 850 °C bis 1000 °C zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff umgesetzt. Der zur Synthese notwendige Wasserdampf wird dabei über eine Zuführungsleitung 20 eingesprüht.

Mit einer im Inneren des Synthesereaktors 10 angeordneten Förderschnecke 21 wird der Kohlenstoff kontinuierlich gefördert, in der Kammer verwirbelt und bei der Synthesereaktion verbleibendes anorganisches Material einem Auslass 22 zugeführt. Hier wird dieses als Asche oder Restmüll dann über eine weitere Zellradschleuse 23 in einen Aschekasten 24 geleitet.

Das entstandene CO/H₂-Gasgemisch wird am Gasauslass 25 ausgekoppelt und dann in einem Kühler 26 herunter temperiert. Eventuell vorhandenes Restwasser aus nicht umgesetztem Wasserdampf wird dabei abgeschieden und über einen Wasserauslass 27 entnommen.

Aus dem Kühler 26 strömt das Gas in einen Gaswäscher 28 und wird dort von Reststaub befreit. Ein Sumpf 29 des Gaswäschers 28 wird bei einer Überladung mit Staub dann über die Sumpfabsaugung 30 abgesaugt, wobei die Flüssigkeit auch wieder dem Reaktor 5 zur thermischen Zersetzung zugeführt werden kann.

Aus dem Gaswäscher 28 wird das Gasgemisch über eine Pumpe 31 abgesaugt, im Gasstrom mit Hilfe von Sensoren 32 kontrolliert und dann in eine Gasleitung 33 gedrückt.

Optional kann dann dieses – unabhängig von der Gaszusammensetzung, die das aus dem Zersetzungsreaktor 5 austretende Gas hat – vorteilhafterweise immer identische Gasgemisch über einen Shift-Reaktor 34 für das Wassergas weiter behandelt werden, indem in dem Shift-Reaktor 34 bei Zuführung von Wasserdampf an Eisen(III)-oxid-Katalysatoren 35 bei Temperaturen im Bereich von 250 °C bis 450 °C das Kohlenmonoxid in Kohlendioxid umgewandelt wird, wobei zusätzlich Wasserstoff

entsteht: Bei kompletter Umsetzung des CO in CO₂ verdoppelt sich die Wasserstoffproduktion.

Das im Gasgemisch enthaltene Kohlendioxid kann in einer weiteren, optional vorhandenen Kälteeinheit 38, welche z. B. mit flüssigem Stickstoff als Kühlmittel gefüllt ist, verflüssigt werden, indem es durch eine Kühlschlange 39 geführt und dabei auf unter - 60 °C abgekühlt wird. Das flüssige CO₂ fließt bei einem Druck von über 6 bar danach in das Auffanggefäß 41 und kann von dort über den Auslass 42 entnommen werden. Das reine Wasserstoffgas steht dann in der Gasleitung 40 zur Verfügung.

In Fig. 2 ist dargestellt, wie Wasserdampf 45 von einem sich thermisch zersetzenden organischen Partikel 43 abgehalten wird, da permanent Zersetzungsgas 44 aus dem Partikel 43 herausströmt. Die Figur veranschaulicht somit, dass es – wie bereits oben ausgeführt wurde - technologisch unvorteilhaft ist, thermische Zersetzung und Synthese in einem einzigen Reaktor durchzuführen, weil keine vollständige Umsetzung der organischen Stoffe 1 erfolgen kann. Mit der erfindungsgemäßen Hybridanlage kann stattdessen organisches Material vorteilhafterweise zu 100 % in brennbare Treibstoffe und Gase umgesetzt werden.

In Fig. 3 und 4 wird modellhaft an einem Alkan dargestellt, wie die Erzeugung des reinen Kohlenstoffs aus einem organischen Stoff 1 vorstellbar ist. Wie zunächst Fig. 3 zeigt, greift die Wärmeenergie 46 eine C-C-Bindung 47 an und trennt die Kohlenwasserstoffkette 48 auf. Dabei entstehen freie H-C-H-Radikale 50 und längere radikalische Teilstücke 49, die den H-C-H-Radikalen 50 den Wasserstoff entreißen und sich damit wieder zu Molekülen vervollständigen. Exemplarisch ist diesbezüglich in Fig. 3 Äthan mit dem Bezugszeichen 51 bezeichnet. Dabei entsteht der von Wasserstoff befreite reine Kohlenstoff 52 als Residuum.

Gemäß Fig. 4 ist der Hitzeangriff (Wärmeenergie 53) auf die Molekülkette 54 geringer, da der Prozess der thermischen Zersetzung bei vergleichsweise niedrigerer

Temperatur durchgeführt wird. Dabei entstehen einerseits weniger, aber längere Molekülteilstücke 55 und daraus längere Moleküle - exemplarisch ist diesbezüglich in Fig. 4 Propan mit dem Bezugszeichen 56 bezeichnet - sowie aber auch eine geringere Anzahl von H-C-H-Radikalen und damit auch weniger reiner Kohlenstoff 58.

Durch Fig. 5 bis 10 werden einige konstruktive Details der erfindungsgemäßen Vorrichtung veranschaulicht, denen ebenfalls eigenständige erfinderische Bedeutung zugemessen wird und die der Tatsache Rechnung tragen, dass die thermische Zersetzung der organischen Stoffe und der Syntheseprozess als endotherme Prozesse verlaufen, wobei die dazu benötigte Energie allotrop dem Prozess zugeführt wird, d. h. dass sie insbesondere indirekt über Wände der Reaktoren 5, 10 oder alternativ oder zusätzlich auch über einen durch beispielsweise in Heizschlangen jeweils durch den Reaktionsraum geführten Wärmeträger eingekoppelt wird.

Die Reaktoren 5, 10 der erfindungsgemäßen Vorrichtung können bevorzugt Rohröfen sein, in denen Förderschnecken 6, 21 angeordnet sind. Alternativ könnten als Reaktoren 5, 10 aber auch Drehrohröfen eingesetzt werden, wobei während der thermischen Zersetzung und des Syntheseprozesses die organischen Stoffe 1 und der Kohlenstoff durch Ofendrehung kontinuierlich gefördert werden.

Insbesondere kann eine Verbesserung im Sinne einer Intensivierung der Reaktion der thermischen Zersetzung durch eine Veränderung der innen im Zersetzungsreaktor 5 (in Fig. 5 mit dem Bezugszeichen 62 bezeichnet) liegenden Förderschnecke (in Fig. 5 mit dem Bezugszeichen 60 bezeichnet) herbeigeführt werden. Diese Förderschnecke 60 weist zunächst – wie bereits erwähnt - Kratz- und Wenderiegel 62 auf. Es handelt sich dabei um sich zumindest bereichsweise längs zu einem Gehäuse des Reaktors 5 erstreckende, insbesondere im Querschnitt etwa trapezförmige, Querriegel, die derart geformt und angeordnet sind, dass sie die organischen Stoffe 1, die anorganischen Stoffe und/oder den Kohlenstoff bei einer

Bewegung durch den Reaktor 5 umwenden, gegebenenfalls auch verwirbeln und/oder von einer Wandung 59 des Reaktors 5 abkratzen.

Zur erwähnten Verbesserung können – wie aus Fig. 5 bis 8 hervorgeht - an der Schnecke 60 zusätzlich noch Aufpressriegel 61 angebracht werden, die in ihren verschiedenen möglichen Arbeitsstellungen in Fig. 6 bis 8 auch mit den Bezugszeichen 64, 66 und 69 bezeichnet sind. Es handelt sich dabei bevorzugt, wie die Zeichnung veranschaulicht, um sich längs zu einem Gehäuse des Reaktors 5 erstreckende, insbesondere flügelartige, im Querschnitt etwa sichelförmige, schräg zu Radialstrahlen R durch den Reaktor 5 angeordnete Längsriegel, die derart geformt und angeordnet sind, dass sie die organischen Stoffe 1, die anorganischen Stoffe und/oder den Kohlenstoff bei einer Bewegung durch den Reaktor 5 in einer einige Millimeter dicken Schicht auf der Wandung des Reaktors 5 verteilen und an die Wandung 59 des Reaktors 5 andrücken.

Im Detail zeigt hierzu die Figurenfolge 6 bis 8, dass das Material (in Fig. 6 mit dem Bezugszeichen 65 und in Fig. 7 mit 68 bezeichnet) des organischen Stoffes 1, das auf einer unteren Innenwand 63 der Reaktors 5 liegt, vom Aufpressriegel 64 aufgenommen und bei der Drehbewegung der Förderschnecke 60 als dünne Schicht 67 in direkten Kontakt mit der heißen Gehäusefläche 63 gebracht wird. Erreicht der Anpressriegel dann die Stellung 69 (Fig. 8), wird das gesamte Material 71 in einer dünnen Schicht auf die heiße Fläche 70 gepresst und verdampft bzw. zersetzt sich im Direktkontakt mit der Wand sehr spontan und in wenigen Sekunden.

Wie des Weiteren Fig. 9 und 10 zeigen, können an der Schnecke (hier mit dem Bezugszeichen 73 bezeichnet) neben Abkratzen- und Wenderiegeln (hier mit dem Bezugszeichen 74 bezeichnet) auch Anpressrollen 75 angebracht sein. Es handelt sich dabei vorzugsweise um sich längs zum Gehäuse des Reaktors 5 erstreckende Längsriegel, die als in radialer Richtung frei bewegliche Rollen ausgebildet und derart an der Förderschnecke 73 befestigt und ausgeführt sind, dass sie die organi-

schen, anorganischen Stoffe und/oder den Kohlenstoff in einer einige Millimeter dicken Schicht an die Wandung 72 des Reaktors 5 andrücken und durch ein Zerwalzen auf der Wandung des Reaktors 5 zerkleinern. Solche Anpressrollen 75 können leichter auf stark kohäsiv ausgeprägte Formstücke anorganischen Materials reagieren und vermeiden somit auch Verklebungen. Weiterhin walzen diese Rollen 75 den entstandenen Kohlenstoff klein. Um ihre Funktion zu erfüllen, sollten die Rollen (in Fig. 10 mit dem Bezugszeichen 77 bezeichnet) eine Eigenschwere haben und in einem Führungsriegel 76 derart an der Schnecke angebracht sein, dass die Achse 78 der Rolle sich frei in einer Aussparung (Langloch 79) des Führungsriegels 76 bewegen kann.

Wie schon aus den vorstehenden Ausführungen hervorgeht, ist die vorliegende Erfindung nicht auf das dargestellte Ausführungsbeispiel beschränkt, sondern umfasst alle im Sinne der Erfindung gleichwirkenden Mittel und Maßnahmen. Ferner ist die Erfindung auch nicht auf die in den unabhängigen Ansprüchen definierten Merkmalskombinationen beschränkt, sondern kann durch jede beliebige andere Kombination von bestimmten Merkmalen aller insgesamt offenbarten Einzelmerkmale definiert sein. Dies bedeutet, dass grundsätzlich praktisch jedes Einzelmerkmal der unabhängigen Ansprüche weggelassen bzw. durch mindestens ein an anderer Stelle der Anmeldung offenbartes Einzelmerkmal ersetzt werden kann. Insofern sind die Ansprüche lediglich als ein erster Formulierungsversuch für eine Erfindung zu verstehen.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Gewinnung von brennbaren Treibstoffen und Gasen aus organischen Stoffen (1), wobei die organischen Stoffe (1) unter Bildung der brennbaren Treibstoffe und Gase und unter Bildung von Kohlenstoff thermisch zersetzt werden,
dadurch gekennzeichnet, dass der bei der thermischen Zersetzung erzeugte Kohlenstoff in einem der Zersetzung nachgeschalteten Syntheseprozess in Wasserdampf-atmosphäre zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff umgesetzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Zersetzung und der Syntheseprozess in zwei separaten technologisch hintereinander geschalteten Reaktoren (5, 10), einem Zersetzungsreaktor (5) zur thermischen Zersetzung der organischen Stoffe (1) und einem Synthesereaktor (10) zur Bildung des Kohlenmonoxids und des Wasserstoffs, stattfindet, wobei als Reaktoren (5, 10) insbesondere gasdicht voneinander getrennte Ofensektionen oder Öfen, vorzugsweise Rohröfen, verwendet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass während der thermischen Zersetzung und des Syntheseprozesses die organischen Stoffe (1) und der Kohlenstoff, insbesondere mit Hilfe von Förderschnecken (6, 21, 60, 73) und/oder durch Ofendrehung, kontinuierlich gefördert werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass als organische Stoffe (1) zur Bildung der brennbaren Treibstoffe und Gase Pflanzenreste, wie Holz oder Kompost, Biomasse, Hausmüll, Kunststoffabfälle, Klärschlämme, Fleischabfälle, Altautoreifen und dergleichen eingesetzt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die zur Bildung der brennbaren Treibstoffe und Gase eingesetzten organischen Stoffe (1) 5 % bis 50 %, vorzugsweise 15 % bis 20 %, Feuchtigkeit enthalten, die bevorzugt durch eine der thermischen Zersetzung vorgeschaltete Trocknung eingestellt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass die zur Bildung der brennbaren Treibstoffe und Gase eingesetzten organischen Stoffe (1) vor der Zersetzung zu Partikeln, insbesondere mit einer mittleren Partikelgröße im Bereich von 2 mm bis 5 mm, zerkleinert werden, wobei vorzugsweise eine Abmessung der Partikel in einer räumlichen Dimension der Partikel kleiner ist als 100 µm.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass die thermisch zu zersetzenden organischen Stoffe (1) Bestandteile enthalten, aus denen bei der thermischen Zersetzung anorganische Ascheprodukte entstehen.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass während der thermischen Zersetzung der organischen Stoffe (1) dem Prozess insbesondere in Wasser gelöste funktionelle Zusätze, wie Salze und Salzbildner, beispielsweise Phosphorsäure oder Kalilauge, zugeführt werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass der bei der thermischen Zersetzung erzeugte Kohlenstoff, insbesondere zusammen mit bei der thermischen Zersetzung entstandenen anorganischen Ascheprodukten unmittelbar – ohne Abkühlung und Zwischenlagerung - über eine Schleuse (9) dem Syntheseprozess zugeführt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass in dem Syntheseprozess der gesamte bei der thermischen Zersetzung erzeugte Kohlenstoff umgesetzt wird, wobei insbesondere nur bei der Zersetzung entstandene anorganische Ascheprodukte als Restmüll abgeführt werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass die durch die thermische Zersetzung entstandenen brennbaren Treibstoffe und Gase und das bei dem Syntheseprozess entstandene Kohlenmonoxid-Wasserstoff-Gasgemisch separat weiterbehandelt, insbesondere jeweils kondensiert und/oder einer Gaswäsche (16, 28) unterzogen, werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Gaswäsche (16) der durch die thermische Zersetzung entstandenen Gase als Waschflüssigkeiten Öle, insbesondere Pflanzenöle, vorzugsweise Rapsöl, eingesetzt werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass nach einer Gaswäsche (16) der durch die thermische Zersetzung entstandenen Gase und/oder des Kohlenmonoxid-Wasserstoff-Gemischs eine mit Feststoff, insbesondere mit Kohlenstoff, beladene Waschflüssigkeit als Eingangsmaterial dem Prozess der thermischen Zersetzung der organischen Stoffe (1), insbesondere zur Erhöhung von deren Fließfähigkeit, zugeführt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass das bei dem Syntheseprozess entstandene Kohlenmonoxid in einem Wassergas-Shift-Prozess in einem Temperaturbereich von 250 °C bis 450 °C mit weiterem Wasserdampf katalytisch zu Kohlendioxid und weiterem Wasserdampf umgesetzt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, dass das in dem Wassergas-Shift-Prozess entstandene Kohlendioxid, insbesondere durch Abkühlung auf unter – 60 °C, von dem Wasserstoff abgetrennt wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Zersetzung der organischen Stoffe (1) als anaerober Prozess geführt wird, in den die organischen Stoffe (1) insbesondere unter Schutzgas eingebracht werden.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Zersetzung der organischen Stoffe (1) als Flash-Pyrolyse in einem Temperaturbereich von 300 °C bis 600 °C, insbesondere bei etwa 475 °C erfolgt, wobei bezogen auf 100 % Trockenmasse der organischen Stoffe etwa 75 % bis 85 % brennbare Treibstoffe und Gase und etwa 15 % bis 25 % Kohlenstoff entstehen.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Zersetzung der organischen Stoffe (1) als Monocarbon-Thermolyse in einem Temperaturbereich von 650 °C bis 800 °C erfolgt, wobei bezogen auf 100 % Trockenmasse der organischen Stoffe überwiegend CO, H₂, CH₄ und Kohlenstoff entsteht.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass der Syntheseprozess im Temperaturbereich von 850 °C bis 1000 °C durchgeführt wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Zersetzung der organischen Stoffe (1) und der Syntheseprozess als endotherme Prozesse verlaufen, wobei die dazu benötigte Energie allotherm dem Prozess zugeführt wird, wobei sie insbesondere indirekt über Wände der Reaktoren (5, 10) und/oder über einen Wärmeträger eingekoppelt wird.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20,
dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Zersetzung der organischen Stoffe (1) und der Syntheseprozess als endotherme Prozesse verlaufen, wobei die dazu benötigte Energie zumindest zu mehr als 80 %, vorzugsweise zu mehr als 95 %, durch Verbrennung der aus den organischen Stoffen (1) gewonnen brennbaren Treibstoffe und Gase und/oder durch in einem Wassergas-Shift-Prozess entstehende Wärme bereitgestellt wird.

22. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 21, mit einem Reaktor (5)) zur thermischen Zersetzung organischer Stoffe (1) unter Bildung von brennbaren Treibstoffen und Gasen und unter Bildung von Kohlenstoff,
dadurch gekennzeichnet, dass dem Reaktor (5) zur thermischen Zersetzung technologisch ein Synthesereaktor (10) zur Bildung von Kohlenmonoxid und Wasserstoff aus Wasserdampf und aus dem im Reaktor (5) zur thermischen Zersetzung gebildeten Kohlenstoff nachgeschaltet ist, wobei die Reaktoren (5, 10) über eine Zuführung für den Kohlenstoff aus dem Reaktor (5) zur thermischen Zersetzung in den Synthesereaktor (10) miteinander verbunden sind.
23. Vorrichtung nach Anspruch 22,
dadurch gekennzeichnet, dass die Zuführung für den Kohlenstoff eine gasdichte Schleuse (9), wie eine Zellradschleuse, ist.
24. Vorrichtung nach Anspruch 22 oder 23,
dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktoren (5, 10) übereinander angeordnet sind, so dass der Kohlenstoff unter der Wirkung seines Eigengewichts aus dem Reaktor (5) zur thermischen Zersetzung in den Synthesereaktor (10) fließen kann.
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 24,
dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktoren (5, 10) Rohröfen, wie Drehrohröfen, sind.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 25,
dadurch gekennzeichnet, dass mindestens in einem Reaktor (5, 10) mindestens eine sich axial erstreckende Förderschnecke (6, 21, 60, 73) angeordnet ist, die einerseits die organischen Stoffe (1) anorganische Stoffe und/oder den Kohlenstoff durch den Reaktor (5, 10) bewegt und andererseits von den Wandungen (59) des Reaktors (5, 10) abkratzt und umwälzt.
27. Vorrichtung nach Anspruch 26,
dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Förderschnecke (6, 21, 60, 73), vorzugsweise in dem Reaktor (5) zur thermischen Zersetzung, sich zumindest bereichsweise längs zu einem Gehäuse des Reaktors (5) erstreckende, insbesondere im Querschnitt etwa trapezförmige, Querriegel (62) aufweist, die derart geformt und angeordnet sind, dass sie die organischen Stoffe (1), die anorganischen Stoffe und/oder den Kohlenstoff bei einer Bewegung durch den Reaktor (5) umwenden, verwirbeln und/oder von einer Wandung (59) des Reaktors (5) abkratzen.
28. Vorrichtung nach Anspruch 26 oder 27,
dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Förderschnecke (6, 21, 60, 73), vorzugsweise in dem Reaktor (5) zur thermischen Zersetzung, sich längs zu einem Gehäuse des Reaktors (5) erstreckende, insbesondere flügelartige, im Querschnitt etwa sichelförmige, schräg zu Radialstrahlen durch den Reaktor angeordnete Längsriegel (61, 64, 66, 69) aufweist, die derart geformt und angeordnet sind, dass sie die organischen Stoffe (1), die anorganischen Stoffe und/oder den Kohlenstoff bei einer Bewegung durch den Reaktor (5) in einer einige Millimeter dicken Schicht (67) auf der Wandung des Reaktors verteilen und an die Wandung (59, 63) des Reaktors (5) andrücken.

29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 28,
dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Förderschnecke (6, 21, 60, 73), vorzugsweise in dem Reaktor (5) zur thermischen Zersetzung, sich längs zu einem Gehäuse des Reaktors (5) erstreckende Längsriegel aufweist, die als in radialer Richtung frei bewegliche Anpressrollen (75) ausgebildet und derart an der Förderschnecke (6, 21, 60, 73) befestigt und ausgeführt sind, dass sie die organischen Stoffe (1), die anorganischen Stoffe und/oder den Kohlenstoff in einer einige Millimeter dicken Schicht an die Wandung (72) des Reaktors (5) andrücken und durch ein Zerwalzen auf der Wandung (72) des Reaktors (5) zerkleinern.
30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 29,
dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktoren (5, 10) Zuführungen (7, 20) für Wasserdampf und/oder Wasser, gegebenenfalls mit darin gelösten funktionellen Zusätzen, aufweisen.

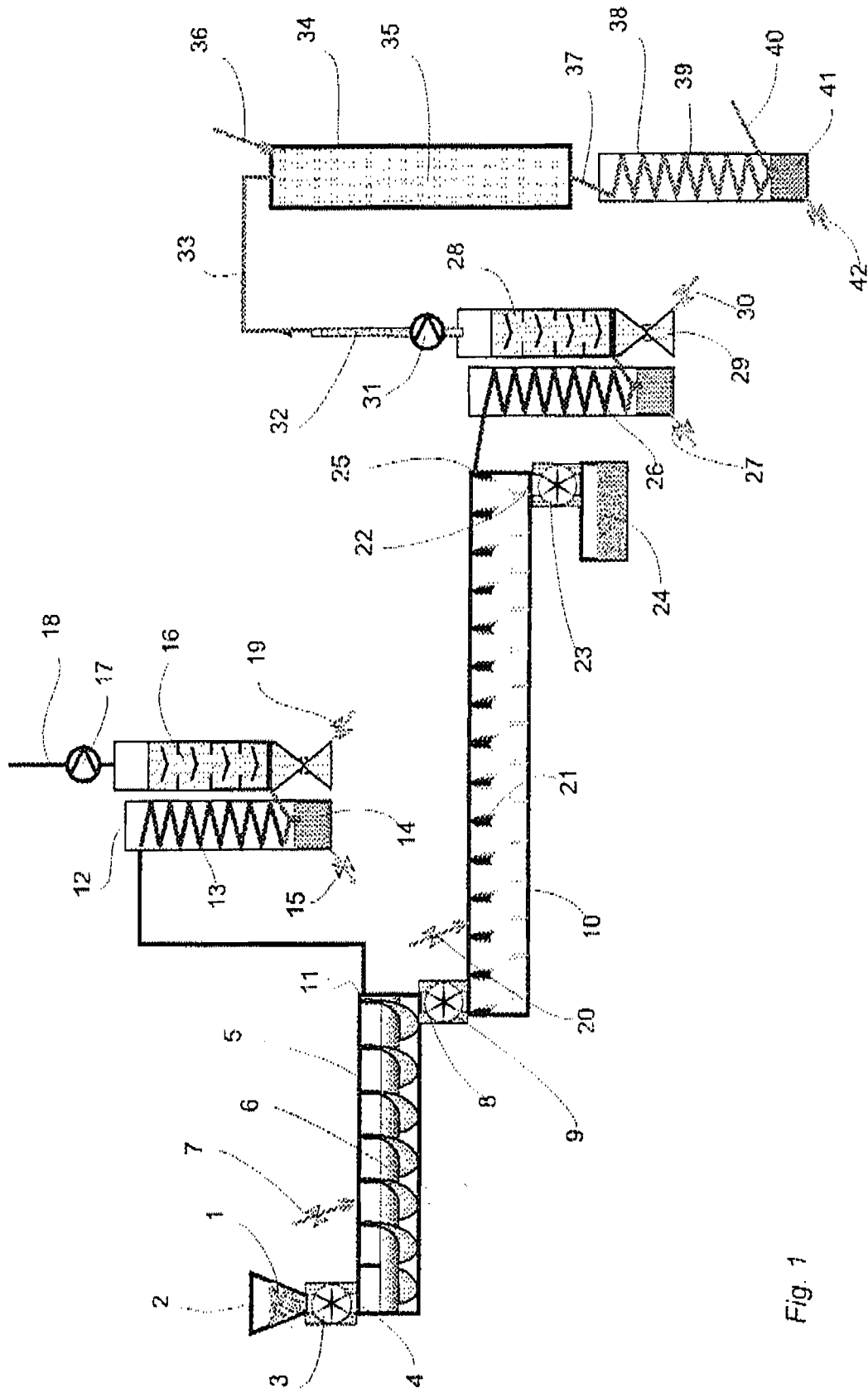


Fig. 1

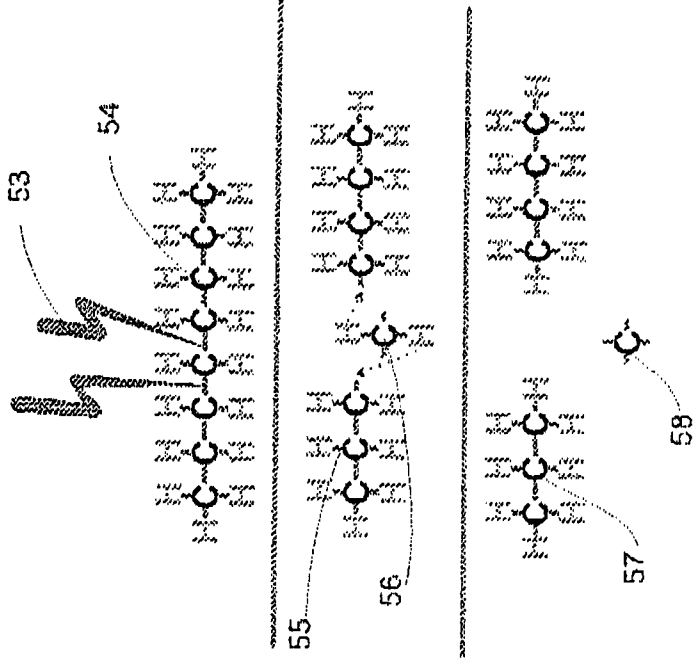
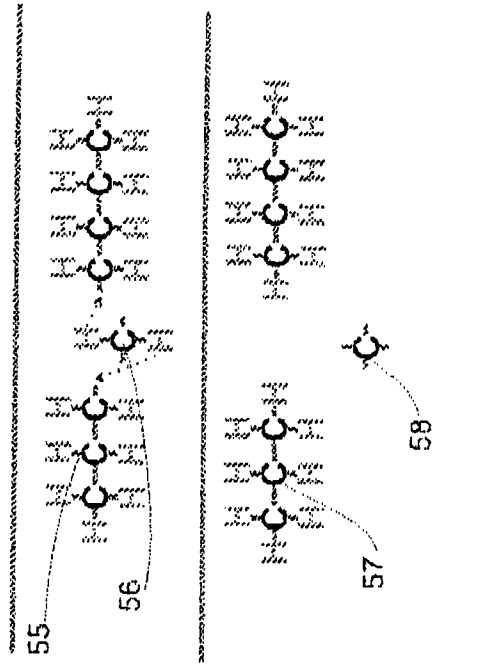
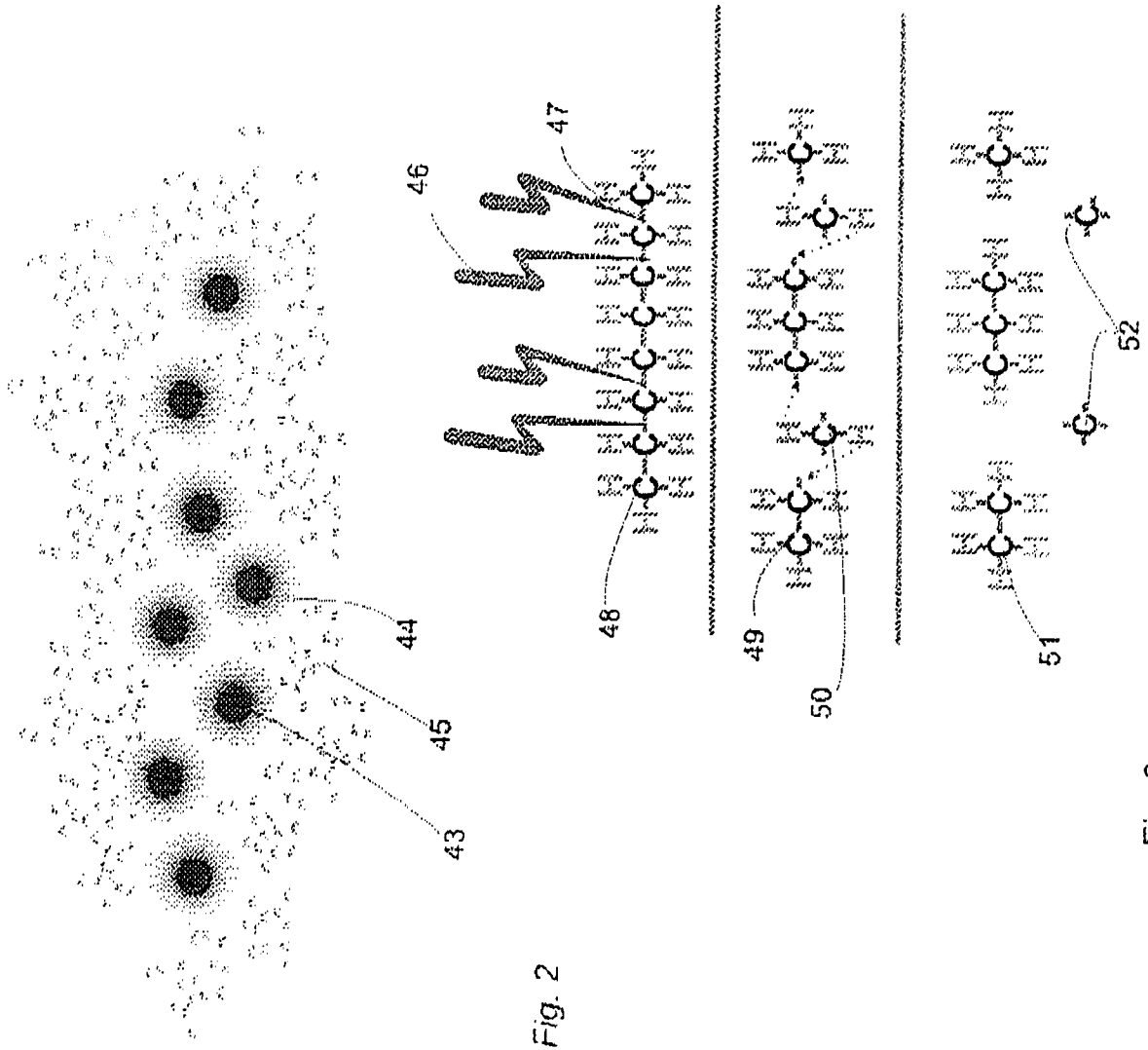


Fig. 4

Fig. 3

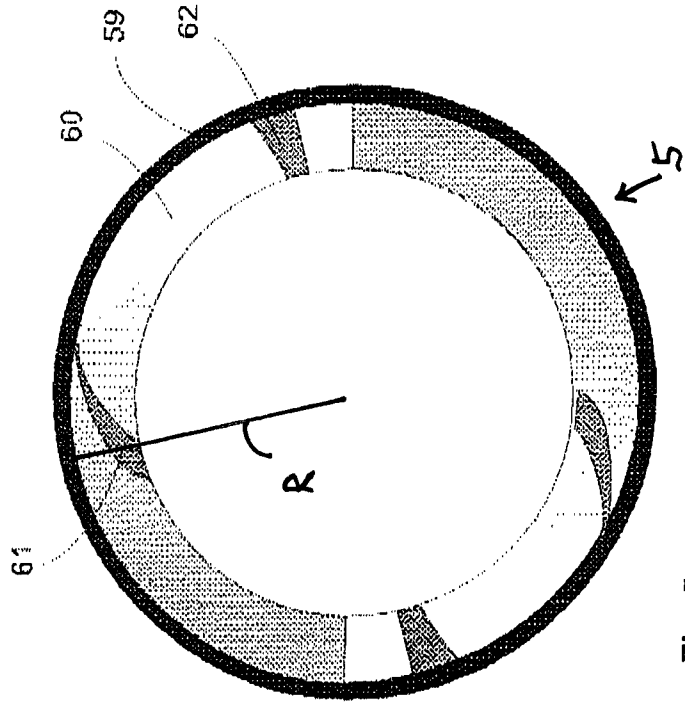


Fig. 5

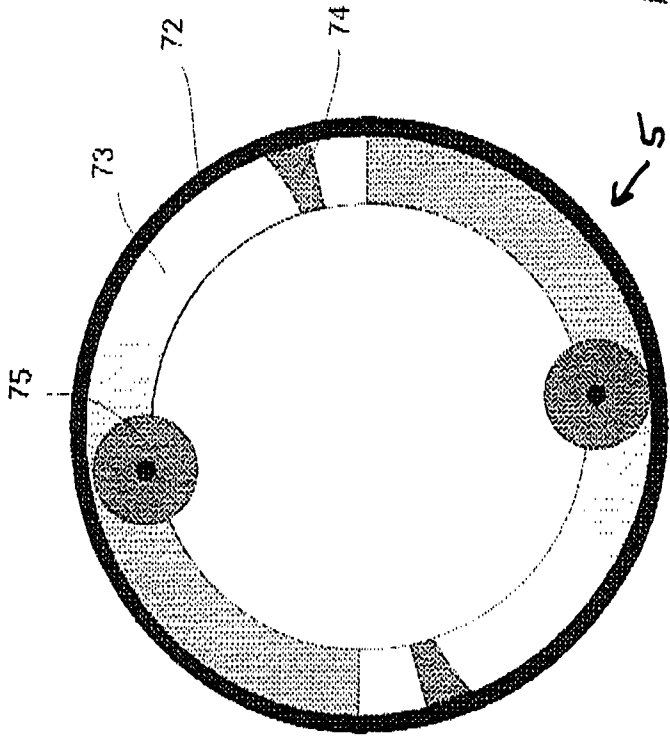


Fig. 9

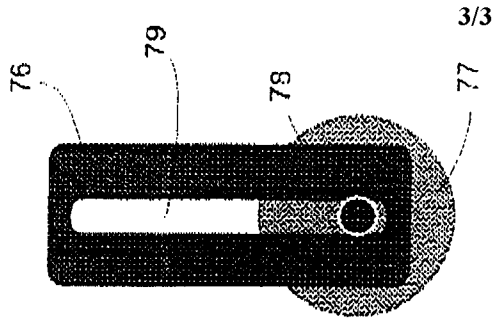


Fig. 10

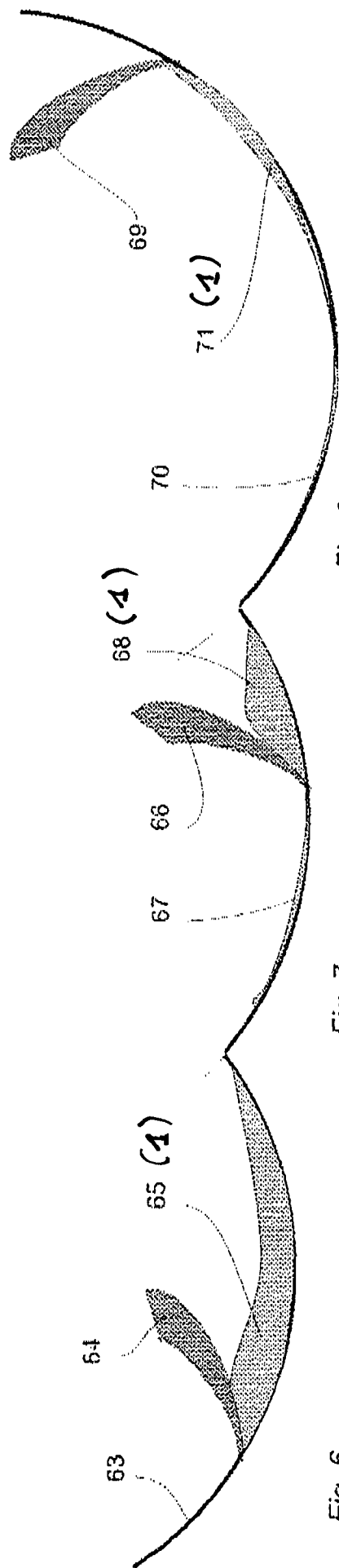


Fig. 6

Fig. 7

Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/051938

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. B01J19/20 C10J3/66 C10J3/10
 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)
 B01J 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 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.
X	US 2008/149471 A1 (WOLFE RICHARD A [US]) 26 June 2008 (2008-06-26) figures 1-16	1-30
X	EP 1 865 045 A1 (ILW INGENIEURBUERO [DE]) 12 December 2007 (2007-12-12) figures 1-3	1-30
X	US 5 151 159 A (WOLFE RICHARD A [US] ET AL) 29 September 1992 (1992-09-29) figures 1-4	1-30
X	US 2003/010266 A1 (BALLANTINE MIKE [US] ET AL) 16 January 2003 (2003-01-16) figures 1-5	1-30
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
--	--

Date of the actual completion of the international search 26 October 2010	Date of mailing of the international search report 03/11/2010
--	--

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 Lachmann, Richard
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/051938

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 160 307 A2 (KUNSTSTOFF UND UMWELTTECHNIK G [DE]) 5 December 2001 (2001-12-05) figures 1-3 -----	1-30
X	EP 1 447 438 A1 (VON GOERTZ & FINGER TECHN ENTW [DE]) 18 August 2004 (2004-08-18) figures 1-3 -----	1-30
X	EP 1 323 810 A1 (VON GOERTZ & FINGER TECHN ENTW [DE]) 2 July 2003 (2003-07-02) figure 1 -----	1-30
X	WO 01/68789 A1 (COWI RAADGIVENDE INGENIOERER A [DK]; BENTZEN JENS DALL [DK]; HENRIKSEN) 20 September 2001 (2001-09-20) figures 1-6 -----	1-30
X	DE 196 14 689 A1 (BAUKNECHT MAXIMILLIAN [DE]; MORSCHETT PETER [DE] BAUKNECHT MAXIMILIAN) 16 October 1997 (1997-10-16) figures 1-3 -----	1-30
X	US 1 538 796 A (MURL GORDEN G) 19 May 1925 (1925-05-19) figures 1-3 -----	1-30

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/051938

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2008149471	A1	26-06-2008	AU 2007340053 A1	10-07-2008
			CA 2673978 A1	10-07-2008
			EP 2118241 A1	18-11-2009
			EP 2135922 A2	23-12-2009
			WO 2008082967 A1	10-07-2008
EP 1865045	A1	12-12-2007	DE 202006020655 U1	02-07-2009
US 5151159	A	29-09-1992	US 5296005 A	22-03-1994
US 2003010266	A1	16-01-2003	NONE	
EP 1160307	A2	05-12-2001	AT 372370 T	15-09-2007
			ES 2292508 T3	16-03-2008
EP 1447438	A1	18-08-2004	NONE	
EP 1323810	A1	02-07-2003	NONE	
WO 0168789	A1	20-09-2001	AT 331015 T	15-07-2006
			AU 4047401 A	24-09-2001
			DE 60120957 T2	08-02-2007
			DK 200000417 A	16-09-2001
			EP 1278813 A1	29-01-2003
DE 19614689	A1	16-10-1997	EP 0891799 A1	20-01-1999
US 1538796	A	19-05-1925	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B01J19/20 C10J3/66 C10J3/10 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B01J 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 2008/149471 A1 (WOLFE RICHARD A [US]) 26. Juni 2008 (2008-06-26) Abbildungen 1-16 -----	1-30
X	EP 1 865 045 A1 (ILW INGENIEURBUERO [DE]) 12. Dezember 2007 (2007-12-12) Abbildungen 1-3 -----	1-30
X	US 5 151 159 A (WOLFE RICHARD A [US] ET AL) 29. September 1992 (1992-09-29) Abbildungen 1-4 -----	1-30
X	US 2003/010266 A1 (BALLANTINE MIKE [US] ET AL) BALLANTINE MIKE [US] ET AL) 16. Januar 2003 (2003-01-16) Abbildungen 1-5 -----	1-30
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"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</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
26. Oktober 2010	03/11/2010	
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 Lachmann, Richard	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 160 307 A2 (KUNSTSTOFF UND UMWELTTECHNIK G [DE]) 5. Dezember 2001 (2001-12-05) Abbildungen 1-3 -----	1-30
X	EP 1 447 438 A1 (VON GOERTZ & FINGER TECHN ENTW [DE]) 18. August 2004 (2004-08-18) Abbildungen 1-3 -----	1-30
X	EP 1 323 810 A1 (VON GOERTZ & FINGER TECHN ENTW [DE]) 2. Juli 2003 (2003-07-02) Abbildung 1 -----	1-30
X	WO 01/68789 A1 (COWI RAADGIVENDE INGENIOERER A [DK]; BENTZEN JENS DALL [DK]; HENRIKSEN) 20. September 2001 (2001-09-20) Abbildungen 1-6 -----	1-30
X	DE 196 14 689 A1 (BAUKNECHT MAXIMILLIAN [DE]; MORSCHETT PETER [DE] BAUKNECHT MAXIMILIAN) 16. Oktober 1997 (1997-10-16) Abbildungen 1-3 -----	1-30
X	US 1 538 796 A (MURL GORDEN G) 19. Mai 1925 (1925-05-19) Abbildungen 1-3 -----	1-30

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/051938

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2008149471 A1	26-06-2008	AU 2007340053 A1 CA 2673978 A1 EP 2118241 A1 EP 2135922 A2 WO 2008082967 A1	10-07-2008 10-07-2008 18-11-2009 23-12-2009 10-07-2008
EP 1865045 A1	12-12-2007	DE 202006020655 U1	02-07-2009
US 5151159 A	29-09-1992	US 5296005 A	22-03-1994
US 2003010266 A1	16-01-2003	KEINE	
EP 1160307 A2	05-12-2001	AT 372370 T ES 2292508 T3	15-09-2007 16-03-2008
EP 1447438 A1	18-08-2004	KEINE	
EP 1323810 A1	02-07-2003	KEINE	
WO 0168789 A1	20-09-2001	AT 331015 T AU 4047401 A DE 60120957 T2 DK 200000417 A EP 1278813 A1	15-07-2006 24-09-2001 08-02-2007 16-09-2001 29-01-2003
DE 19614689 A1	16-10-1997	EP 0891799 A1	20-01-1999
US 1538796 A	19-05-1925	KEINE	