



(11) **EP 4 345 147 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.04.2024 Patentblatt 2024/14

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C10G 1/02^(2006.01) C10G 1/10^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23000125.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C10G 1/10; C10G 1/02

(22) Anmeldetag: **20.09.2023**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

- **OLBERT, Gerhard**
69221 Dossenheim (DE)
- **BURGSTAHLER, Ralf**
67146 Deidesheim (DE)
- **INHOFF, Olivier**
45699 Herten (DE)
- **GROTE, Ulrich**
59590 Geseke (DE)
- **VEITH, Luzius**
42105 Wuppertal (DE)
- **WEBER, Louis**
59581 Warstein (DE)

(30) Priorität: **27.09.2022 DE 102022003576**

(71) Anmelder: **Carboliq GmbH**
42897 Remscheid (DE)

(72) Erfinder:
• **ASCHAUER, Stephan**
36391 Sinntal-Sterbfritz (DE)

(74) Vertreter: **Kern, Hedwig**
Ackermannstrasse 33
70563 Stuttgart (DE)

(54) **KONTINUIERLICHES VERFAHREN ZUR SEKUNDÄRRESSOURCENGEWINNUNG AUS ORGANISCHE VERBINDUNGEN ENTHALTENDEN ABFÄLLEN DURCH VERÖLUNG**

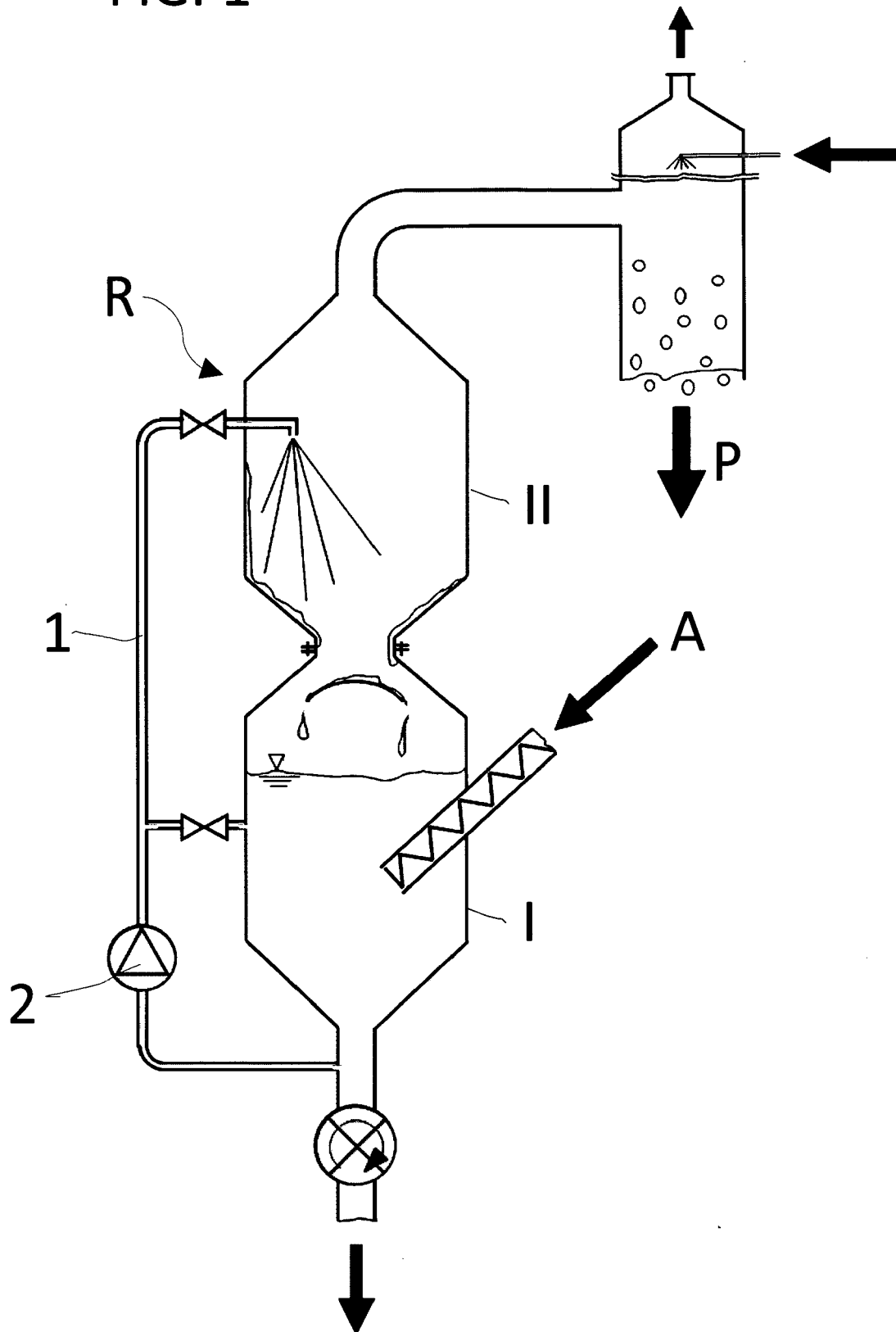
(57) Die Erfindung betrifft ein kontinuierliches Verfahren zur Sekundärressourcengewinnung aus in einem Massenanteil von mindestens 60 % organische Verbindungen enthaltenden Abfällen als Ausgangsmaterial (A) durch Verölung unter Erhalt eines Produktöls (P)

in einem zweigeteilten Reaktor (R) mit einem ersten, unteren Bereich (I), worin ein Anfahröl vorgelegt wird bis zu einer Höhe von mindestens der Hälfte der Gesamthöhe desselben, und mit einem zweiten oberen Bereich (II), der mit dem unteren Bereich (I) verbunden ist und der beim Anfahren keine Flüssigkeit enthält, in welchen über jeweils eine oder mehrere externe Rohrleitung(en) (1) mittels jeweils einer, zwei oder mehrerer Pumpen (2) mit einem Verhältnis von gerichteter zu ungerichteter Impulsleistung im Bereich von 1/6 bis 1/2 der Reaktorinhalt (RI) vom unteren Ende des ersten, unteren Bereichs (I) des zweigeteilten Reaktors (R) umgepumpt wird, unter Abzug von Produktdampf vom oberen Ende des

zweiten oberen Bereichs (II) des zweigeteilten Reaktors (R), der anschließend mit einem kalten Teilstrom von Produktöl (P) abgequenchet wird, wobei das Produktöl (P) erhalten wird, indem das Anfahröl zunächst durch Umpumpen über die eine, zwei oder mehreren Pumpen (2) auf eine Betriebstemperatur im Bereich von 280 bis 420 °C aufgeheizt wird, worauf das vorab aufbereitete Ausgangsmaterial (A) kontinuierlich in den ersten, unteren Bereich (I) des zweigeteilten Reaktors (R) unterhalb des Flüssigkeitsspiegels zugeführt wird, und wobei der Reaktorinhalt (RI) vom unteren Ende des ersten, unteren Bereichs (I) des zweigeteilten Reaktors (R) in den zweiten oberen Bereich (II) des zweigeteilten Reaktors (R) umgepumpt wird, dergestalt, dass das Verhältnis der Zulaufverweilzeit des Ausgangsmaterials (A) zur Umpumpverweilzeit des Reaktorinhalts (RI) im Bereich von 250 :1 bis 5000 :1 liegt.

EP 4 345 147 A1

FIG. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Sekundärressourcengewinnung aus organischen Verbindungen enthaltenden Abfällen.

[0002] Stand der Technik bei der thermischen Behandlung von Restabfällen ist die Müllverbrennung.

[0003] Insbesondere im Zuge der wachsenden ökologischen Probleme und Ressourcenknappheit wird es jedoch zunehmend dringlicher, Abfälle nicht lediglich zu entsorgen oder thermisch zu verwerten, sondern als Quelle zur Sekundärressourcengewinnung nutzbar zu machen.

[0004] Als besonders vorteilhaft hat sich hierfür das sogenannte Verölungsverfahren erwiesen, auch als katalytische drucklose Verölung (KDV) oder thermokatalytische Niedertemperaturkonvertierung (NTK) bekannt, d.h. ein technisches Depolymerisationsverfahren wonach künstliche oder natürliche Polymere und langkettige Kohlenwasserstoffe unter Zusatz eines zeolithischen Katalysators bei Temperaturen von weniger als 400 °C ohne Überdruck in kurzkettigere aliphatische (eher bevorzugt, andere wie aromatische werden in Spuren ebenfalls entstehen) Kohlenwasserstoffe, vergleichbar mit synthetischem Leichtöl, umgewandelt werden. (vgl. "Verölung", abgerufen aus Wikipedia am 25.01.2022).

[0005] Ein Überblick über aktuell in Deutschland angebotene bzw. betriebene Verfahren findet sich zum Beispiel im Abschlussbericht des Umweltbundesamtes zur "Evaluation neuer Entwicklungen bei alternativen thermischen Abfallbehandlungsanlagen mit dem Schwerpunkt Verölungsverfahren" von M. Pohl und P. Quicker (Texte 77/2018, Projektnummer 82615, UBA-FB 002679). Nach dem dort detailliert untersuchten, auch als "Catalytische Tribochemische Conversion" (CTC) bezeichneten, von der Dieselwest GmbH (2021 umfirmiert in CARBOWEST GmbH) betriebenen Verfahren werden Restabfälle zunächst mehrstufig aufgearbeitet, d.h. zerkleinert, auf eine Korngröße von maximal 2 mm gesiebt, Eisen- und Nichteisenmetalle abgetrennt, Additive in Form von synthetischen oder natürlichen Zeolithen als Katalysatoren sowie Brandkalk als Neutralisator zugesetzt und auf einen Wassergehalt von weniger als 2 % getrocknet. Der Verölungsprozess selbst wird in flüssiger Phase in einem Reaktor durchgeführt, der aus zwei zylindrischen Gefäßen gebildet ist, die sich im unteren Bereich kegelförmig verjüngen, und die übereinander angeordnet sind. Startöl wird vorgelegt. Dieses wird vor Zuführung der aufbereiteten Restabfälle zunächst auf Reaktionstemperatur (320 bis 420 °C je nach Ausgangsmaterial) durch mehrere Energieeintragungsgeräte, insbesondere Turbinen und oder Pumpen, erwärmt, mit denen der Reaktorinhalt ständig durchmischt und umgepumpt wird. Die aufbereiteten Restabfälle werden in den unteren Bereich des Reaktors mittels einer Schnecke unterhalb des Flüssigkeitsspiegels zugeführt. Dadurch wird erreicht, dass sich das zugeführte Material mit dem vorgelegten Öl vermischt und eine Suspension entsteht, die am unteren Ende des Reaktors über die Turbinen oder Pumpen angesaugt und über externe Leitungen und angeschlossene Düsen wieder in den oberen Teil des Reaktors injiziert wird. Durch die intensive Durchmischung werden die Polymere aufgebrochen und verdampfen, sobald die Kettenlänge ausreichend kurz ist. Die Dämpfe werden am Kopf des Reaktors unter Zuhilfenahme eines leichten Unterdruckes abgezogen und mittels Sprühkühler unter Erhalt des Produktöls kondensiert. Dieses weist jedoch keine konstante Qualität auf, und eine Dauerbetriebsfähigkeit der Anlage konnte nicht aufgezeigt werden.

[0006] Es war demgegenüber Aufgabe der Erfindung, ein Verölungsverfahren zur Sekundärressourcengewinnung aus organische Verbindungen enthaltenden Abfällen als Ausgangsmaterial zur Verfügung zu stellen, das kontinuierlich betreibbar ist, und das eine gleichförmige Qualität des Produktöls bezüglich des maximal zulässigen Sauerstoff- und Stickstoffgehalts sowie des Mindestbrennwertes gewährleistet, sofern das eingesetzte Ausgangsmaterial organische Verbindungen in einem Massenanteil von mindestens 60 % enthält. Insbesondere soll im Produktöl der Sauerstoffgehalt einen Massenanteil von 4% und der Stickstoffgehalt einen Massenanteil von 1,2 % nicht überschreiten sowie der Mindestbrennwert desselben 41 MJ/kg sein.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein kontinuierliches Verfahren zur Sekundärressourcengewinnung aus in einem Massenanteil von mindestens 60 % organische Verbindungen enthaltenden Abfällen als Ausgangsmaterial durch Verölung unter Erhalt eines Produktöls in einem zweigeteilten Reaktor mit einem ersten, unteren Bereich, worin ein Anfahröl vorgelegt wird bis zu einer Höhe von mindestens der Hälfte der Gesamthöhe desselben,

und mit einem zweiten, oberen Bereich, der mit dem unteren Bereich verbunden ist und der beim Anfahren keine Flüssigkeit enthält, in welchen über jeweils eine oder mehrere externe Rohrleitung(en) mittels jeweils einer, zweier oder mehrerer Turbinen oder Pumpen mit einem Verhältnis von gerichteter zu ungerichteter Impulsleistung im Bereich von 1/6 bis 1/2 der Reaktorinhalt vom unteren Ende des ersten, unteren Bereichs des zweigeteilten Reaktors umgepumpt wird,

unter Abzug von Produktdampf vom oberen Ende des zweiten, oberen Bereichs des zweigeteilten Reaktors, der anschließend mit einem kalten Teilstrom von Produktöl abgequencht wird, wobei das Produktöl erhalten wird, indem das Anfahröl zunächst durch Umpumpen über die eine, zwei oder mehreren Pumpen oder Turbinen auf eine Betriebstemperatur im Bereich von 280 bis 420°C aufgeheizt wird, worauf das aufbereitete Ausgangsmaterial kontinuierlich in den ersten, unteren Bereich des zweigeteilten Reaktors unterhalb des Flüssigkeitsspiegels zugeführt wird,

und wobei der Reaktorinhalt vom unteren Ende des ersten, unteren Bereichs des zweigeteilten Reaktors in den zweiten, oberen Bereich des zweigeteilten Reaktors umgepumpt wird, dergestalt, dass das Verhältnis der Zulaufverweilzeit des Ausgangsmaterials zur Umpumpverweilzeit des Reaktorinhalts im Bereich von 250 zu 1 bis 5000 zu 1 liegt.

[0008] Die Erfindung geht aus von bekannten Verölungsverfahren zur Aufarbeitung von organischen Verbindungen enthaltenden Abfällen, insbesondere vom sogenannten "Dieselwest"-Verfahren, das im vorstehend aufgeführten Abschlussbericht des Umweltbundesamtes "Evaluation neuer Entwicklungen bei alternativen thermischen Abfallbehandlungsanlagen mit dem Schwerpunkt Verölungsverfahren" von M. Pohl und P. Quicker (Texte 77/2018, Projektnummer 82615, UBA-FB 002679) dargelegt wurde.

[0009] Als Ausgangsmaterial sind beliebige Abfälle einsetzbar, vorausgesetzt sie enthalten organische Verbindungen in einem Massenanteil von mindestens 60%. Bevorzugt sind Ausgangsmaterialien mit organischen Verbindungen in einem Massenanteil von mindestens 80%, weiter bevorzugt von mindestens 90%, insbesondere Ausgangsmaterialien enthaltend künstliche organische Verbindungen in einem Massenanteil zwischen 60 und 80% und natürliche organische Verbindungen in einem Massenanteil zwischen 0 und 30%.

[0010] Regelmäßig handelt es sich hierbei um langkettige organische Verbindungen, insbesondere um petrochemische Abfallstoffe, organische Siedlungsabfälle, Klärschlamm, pflanzliche Biomasse, insbesondere Abfälle aus Land- und Forstwirtschaft, biologisch nachwachsende Fette und Öle und tierische Biomasse.

[0011] Als langkettige organische Verbindungen werden üblicher Weise Polymere verstanden, die aus mehreren 100 bis 4000 gleichartigen molekularen Einheiten, den Monomeren, aufgebaut sind. Von den künstlichen Polymeren handelt es sich vorliegend insbesondere um Mischungen von Low-Density-Polyethylen, High-Density-Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol, Polyisobuten, Polyethylenterephthalat, Polyamid 6, Polyamid 6.6 und/oder Kunststoffabfälle auf Basis von Isocyanaten, die aufgrund ihrer stofflichen Beschaffenheit und der dazugehörigen Herstellung aus etwa 2000 bis 4000 der jeweiligen Monomer-Einheiten gebildet sind.

[0012] In einer Ausführungsform kann das Ausgangsmaterial Siedlungsabfälle, insbesondere nicht sortierbare Kunststoffanteile hiervon, im besonderen Sortierfraktionen, die aufgrund ihrer Abmessungen abgesondert werden und/oder Folienreste und/oder schwarze Sortierreste, die durch Nahinfrarot- Spektroskopie nicht detektiert werden können, und/oder Gewerbeabfälle, insbesondere Produktionsabfälle, bevorzugt Abfälle aus dem Recycling von Personenkraftwagen, im Besonderen Autoschredderleichtmaterial, enthalten.

[0013] Die als Ausgangsmaterial eingesetzten Abfälle beinhalten häufig neben organischen Verbindungen Inertstoffe, Füllstoffe, Metalle und/oder Restfeuchte, insbesondere Inertstoffe und/oder Füllstoffe in einem Massenanteil von 0 bis 10%, bevorzugt unter 1%, Metalle in einem Massenanteil von 0 bis 1%, bevorzugt unter 1%, und Restfeuchte in einem Massenanteil von 0 bis 10%, bevorzugt unter 1%.

[0014] Darüber hinaus kann das Ausgangsmaterial (A) zusätzlich als Inertstoffe Siliziumdioxid in Form von Quarzsand oder Baustoffen und/oder Aluminiumoxid und/oder Calciumhydroxid und/oder als Füllstoffe Glashohl- und/oder Keramikugeln, Glas- und/oder Kohlefasern und/oder Gummipartikel, als auch metallische Stoffe, im Besonderen magnetische und nichtmagnetische Metall-Verbundwerkstoffe und/oder aluminiumbeschichtete Stoffe, enthalten.

[0015] In einer bevorzugten Ausführungsform werden die obigen Inert- und/oder Füllstoffe den als Ausgangsmaterial eingesetzten Abfällen zugesetzt, um diverse Eigenschaften, wie Festigkeit und Dehnfähigkeit, einzustellen.

[0016] Das Ausgangsmaterial wird vor der Zuführung in den Reaktor in bekannter Weise, insbesondere wie im vorstehend dargelegten "Dieselwest"-Verfahren, vorab mehrstufig aufgearbeitet, d.h. zerkleinert, auf eine Korngröße von maximal 2 mm gesiebt, Eisen- und Nichteisenmetalle werden abgetrennt, Additive in Form von synthetischen oder natürlichen Zeolithen als Katalysatoren sowie Brandkalk als Neutralisator zugesetzt und das Ausgangsmaterial wird schließlich auf einen Wassergehalt von weniger als 2 % getrocknet.

[0017] Der Verölungsprozess wird in einem zweigeteilten Reaktor durchgeführt, mit einem ersten, unteren und einem zweiten, oberen Bereich, der mit dem ersten, unteren Bereich bevorzugt unmittelbar verbunden ist. Vorteilhaft laufen der erste, untere und/oder der zweite, obere Bereich jeweils unten konisch aus, um ein Abfließen des Fluides bei Reinigungsarbeiten und Stillständen zu ermöglichen.

[0018] Die die beiden Bereiche verbindende Öffnung weist bevorzugt einen Durchmesser von mindestens 1/5 des Durchmessers zweiten, oberen Bereichs, bevorzugt von mindestens 1/3 des Durchmessers des zweiten, oberen Bereichs, auf.

[0019] In einer Ausführungsform können beide Reaktorbereiche in einen gemeinsamen Reaktormantel integriert sein.

[0020] Vorteilhaft kann der erste, untere Bereich des zweigeteilten Reaktors ein Höhe zu Durchmesser-Verhältnis von 3 zu 1 bis 1 zu 3, bevorzugt von 1,5 zu 1 aufweisen, und insbesondere als stehender oder liegender Zylinder ausgebildet sein.

[0021] In den zweiten, oberen Bereich wird über jeweils eine oder mehrere externe Rohrleitung(en) mittels jeweils einer, zweier oder mehrerer Pumpen oder Turbinen mit einem Verhältnis von gerichteter zu ungerichteter Impulsleistung im Bereich von 1/6 bis 1/2 der Reaktorinhalt vom unteren Ende des ersten, unteren Bereichs des zweigeteilten Reaktors

umgepumpt.

[0022] In den ersten, unteren Bereich wird zur Inbetriebnahme ein Anfahröl vorgelegt bis zu einer Höhe von mindestens der Hälfte der Gesamthöhe desselben, bevorzugt bis zu einer Höhe von mindestens 2/3 der Gesamthöhe desselben.

[0023] Als Anfahröl wird vorteilhaft eine Mischung aus Produktöl und einem Mineralöl mit einem Siedepunkt größer als 280 °C, bevorzugt in einem Massenverhältnis von 10 % Mineralöl zu 90 % Produktöl bis 90 % Mineralöl zu 10 % Produktöl, insbesondere von 50 % Mineralöl zu 50 % Produktöl, eingesetzt.

[0024] Das Anfahröl wird zunächst durch Umpumpen über die eine, zwei oder mehreren Pumpen auf eine Betriebstemperatur im Bereich von 280 bis 420°C aufgeheizt, worauf das vorab aufbereitete Ausgangsmaterial kontinuierlich in den ersten, unteren Bereich des zweigeteilten Reaktors unterhalb des Flüssigkeitsspiegels zugeführt wird, bevorzugt über eine oder mehrere Schnecke(n). Alternativ kann das vorab aufbereitete Ausgangsmaterial auch über einen oder mehrere Extruder zugeführt werden.

[0025] Der Reaktorinhalt wird kontinuierlich vom unteren Ende des ersten, unteren Bereichs des zweigeteilten Reaktors in den zweiten, oberen Bereich des zweigeteilten Reaktors über die jeweils eine oder mehrere externen Rohrleitung(en) mittels der jeweils einen, zwei oder mehreren Pumpen und/oder Turbinen mit einem Verhältnis von gerichteter zu ungerichteter Impulsleistung im Bereich von 1/6 bis 1/2 umgepumpt.

[0026] Bevorzugte Pumpen sind hierbei Flüssigringvakuumpumpen, als auch Impellerpumpen mit zurückgesetztem Laufrad sowie Kreiskolbenpumpen und Schraubenspindelpumpen. Die gerichtete Impulsleistung wird dabei über den Förderdruck (Druckverlust) und den Volumenstrom im Verhältnis zur eingebrachten Pumpenleistung bestimmt. Die ungerichtete Impulsleistung wird für den Fachmann auch als dissipierte Leistung bezeichnet.

[0027] Vorteil dieses Energieeintrages ist die homogene Erwärmung des Fluides von innen nach außen, es gibt keine heißen Wände wie bei externen Erwärmungsmethoden über die Wand. Zweiter wesentlicher Vorteil des direkten dissipativen Energieeintrags ist die hohe Durchmischung und Beanspruchung des Ausgangsmaterials.

[0028] Die erforderliche Schmelzwärme wird durch das umgebende Fluid bereitgestellt. Durch die hohe Durchmischungsleistung der Pumpen kommt es zu einem Zerkleinern und zu Zerreißen der eingetragenen Feststoffpartikel in der Umpumpströmung. Dabei werden auch die Katalysatorpartikel mit den eingetragenen und aufgeschmolzenen Feststoffpartikeln durchmischt und zerkleinert. Durch die hohen Scherkräfte und die Kavitation bedingt durch Umfangsgeschwindigkeiten von etwa 15 bis 20 m/s und der schlagartigen Verdampfung und Kondensation an den Pumpenorganen kommt es in der flüssigen Phase zum Cracken der ursprünglichen langkettigen organischen Verbindungen aus den eingetragenen Feststoffpartikeln. Durch die hohen Scherraten werden zudem die aktiven Zentren der Katalysatoren kontinuierlich erneuert. In der Folge werden beispielsweise Low-Density Polyethylen-Abfälle mit ursprünglich typischer Weise 2000 bis 4000 Monomer-Einheiten auf im Mittel 3 bis 16 Monomer-Einheiten gecrackt.

[0029] Erfindungswesentlich ist hierbei, dass das Verfahren dergestalt geführt wird, dass das Verhältnis der Zulaufverweilzeit des Ausgangsmaterials zur Umpumpverweilzeit des Reaktorinhalts im Bereich von 250 zu 1 bis 5000 zu 1 liegt, d. h. das Umpumpen des Reaktorinhalts erfolgt ungleich viel schneller als die Zuführung des Ausgangsmaterials. Dies ist mit ausschlaggebend, um die für die oben erläuterten Depolymerisationsvorgänge erforderlichen hohen Scherraten zu erreichen.

[0030] Die Zulaufverweilzeit ist definiert durch das Verhältnis von Gesamtreaktorvolumen zum Zulaufvolumenstrom der Einsatzstoffe.

[0031] Die Umpumpverweilzeit ist definiert durch das Verhältnis des flüssigen Gesamtreaktorvolumen zum gesamten Pumpenvolumenstrom. Das flüssige Gesamtreaktorvolumen sowie auch der gesamte Pumpenvolumenstrom werden durch Massendurchflussmesser (Massflowmeter) ermittelt, beispielsweise über standardmäßige Coriolis-Massendurchflussmesser. Die Umpumpverweilzeit teilt sich selbst noch auf in die Umpumpverweilzeit in den ersten, unteren Bereich des zweigeteilten Reaktors und die Umpumpverweilzeit in den zweiten, oberen Bereich des zweigeteilten Reaktors.

[0032] Bevorzugt sind Verhältnisse der Zulaufverweilzeit des Ausgangsmaterials zur Umpumpverweilzeit des Reaktorinhalts im Bereich von 250 zu 1 bis 5000 zu 1.

[0033] Bevorzugt wird das Verfahren dergestalt betrieben, dass die Umpumpverweilzeit des Reaktorinhalts im Bereich von 15 bis 55 Sekunden, weiter bevorzugt im Bereich von 25 bis 40 Sekunden, liegt. Entsprechend liegen die Zulaufverweilzeiten des Ausgangsmaterials bevorzugt im Bereich von etwa 2 Stunden bis etwa 75 Stunden.

[0034] Der flüssige Umpumpstrom wird beim Durchströmen in Folge des ungerichteten Energieeintrages durch die Pumpen geringfügig überhitzt und wird in den zweiten, oberen Bereich des zweigeteilten Reaktors durch einen geringen Druckunterschied entspannt. Dabei platzt der Flüssigkeitsstrahl auf und verteilt sich auf die vorhandene Wandoberfläche im zweiten, oberen Bereich des zweigeteilten Reaktors, und die Leichtsieder können leichter entweichen.

[0035] Als Flächenbelastung B wird der Durchsatz des Umpumpvolumenstromes bezogen auf die Fläche verstanden, vorliegend die Fläche der Innenwände im zweiten, oberen Bereich des zweigeteilten Reaktors.

[0036] Durch eine vorteilhafte Einstellung der Flächenbelastung B des Umpumpstromes im zweiten, oberen Bereich des zweigeteilten Reaktors über den Volumenstrom desselben sowie über die Geometrie des zweiten, oberen Bereichs des zweigeteilten Reaktors auf einen Wert im Bereich von 25 m³/m²/h bis 250 m³/m²/h, bevorzugt auf einen Wert von etwa 100 m³/m²/h, werden optimale Ergebnisse bezüglich der oben dargelegten physikalisch-chemischen Prozesse,

und somit der Aufspaltung der langkettigen Polymere erreicht.

[0037] Es ist weiter bevorzugt, dass die Innenwände des zweigeteilten Reaktors im zweiten, oberen Bereich desselben teilweise oder vollständig beheizt und/oder mit Produktöl benetzt sind. Dadurch wird die Verdampfung von leichter flüchtigen Kohlenwasserstoffen unterstützt.

[0038] Aus dem zweiten, oberen Bereich des zweigeteilten Reaktors werden kontinuierlich die Dämpfe abgezogen und in bekannter Weise, insbesondere in einem Sprühkühler, unter Erhalt des Produktöls, kondensiert. Besonders vorteilhaft ist ein mehrstufiger Sprühkühler.

[0039] Der Rückstand aus dem ersten, unteren Bereich des zweigeteilten Reaktors wird vorteilhaft bei Bedarf oder in regelmäßigen Abständen ausgetragen und absetzen gelassen und das überstehende Ölgemisch wird wieder in den ersten, unteren Bereich des zweigeteilten Reaktors zurückgeführt.

[0040] Vorteilhaft wird der Reaktorinhalt oder ein Teilstrom des Reaktorinhaltes tangential in das obere Drittel des zweiten, oberen Bereichs des zweigeteilten Reaktors zurückgepumpt. Dadurch kann um eine hohe Verteilung auf der Oberfläche des zweiten, oberen Bereichs des zweigeteilten Reaktors und damit ein gutes Ausgasen der erzeugten Produkte erreicht werden.

[0041] In einer bevorzugten Ausführungsform wird lediglich ein erster Teilstrom von 20 bis 80 % des Reaktorinhalts vom unteren Ende des ersten, unteren Bereichs des zweigeteilten Reaktors in den zweiten, oberen Bereich des zweigeteilten Reaktors umgepumpt und ein zweiter Teilstrom von 80 bis 20%, bevorzugt von 60 bis 70% des Reaktorinhalts vom unteren Ende des ersten, unteren Bereichs des zweigeteilten Reaktors in den ersten, unteren Bereich des zweigeteilten Reaktors zurückgepumpt. Durch diese Fahrweise kommt es zu einer besseren Durchmischung und einer besseren Verteilung des eingetragenen Ausgangsmaterials auf die Pumpen.

[0042] In einer vorteilhaften Ausführungsform kann der zweite, obere Bereich des zweigeteilten Reaktors als einstufige oder mehrstufige Trennkolonnen genutzt werden, indem ein trennbarer Flansch vorgesehen ist, über den ein oder mehrere horizontale Lochbleche einsetzbar sind. Vorteilhaft werden Lochbleche mit einem Öffnungsverhältnis von 20 bis 40 % eingesetzt.

[0043] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann für die Zuführung des Umpumpstromes ein zentrales Rohr über einen trennbaren Flansch eingesetzt werden. Dadurch lässt sich unerwünschtes Schäumen verhindern.

[0044] Das erfindungsgemäße kontinuierliche Verfahren ermöglicht es insbesondere, dass der Sauerstoffanteil im Produktöl gegenüber dem Ausgangsmaterial um 40 bis 90 %, insbesondere um 80%, und dass der Stickstoffanteil im Produktöl gegenüber dem Ausgangsmaterial um 50 bis 80 %, insbesondere um 70%, niedriger ist.

[0045] Gleichfalls ermöglicht das erfindungsgemäße kontinuierliche Verfahren insbesondere, dass ein Produktöl mit einem Brennwert zwischen 41 und 46 Megajoule pro Kilogramm, bevorzugt von etwa 45 Megajoule pro Kilogramm, erhalten wird.

[0046] Nach dem erfindungsgemäßen kontinuierlichen Verfahren wird insbesondere im Produktöl die Bildung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen, insbesondere Naphthalin, Acenaphthalin, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren und/oder Benzo(a)pyren, minimiert, und die Summe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe beträgt zwischen 100 und maximal 1000 ppm, vorzugsweise maximal 600 ppm.

[0047] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen und einer Zeichnung näher erläutert.

[0048] In der Zeichnung zeigen im Einzelnen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines bevorzugten Reaktors zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und die Figuren 2A und 2B Querschnittsdarstellungen durch zwei bevorzugte Ausführungsformen von Reaktoren zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0049] Figur 1 zeigt einen zweigeteilten Reaktor R mit einem ersten, unteren Bereich I und einem zweiten, oberen Bereich II.

[0050] Das Ausgangsmaterial A wird über eine Förderschnecke kontinuierlich in den ersten, unteren Bereich I des zweigeteilten Reaktors R unterhalb des Flüssigkeitsspiegels in demselben zugeführt.

[0051] Über eine externe Rohrleitung 1 wird mittels einer Pumpe 2 der Reaktorinhalt RI aus dem ersten, unteren Bereich I des Reaktors R in den zweiten, oberen Bereich II des Reaktors R gepumpt. Vom oberen Ende des zweiten, oberen Bereichs II des Reaktors R wird Produktdampf abgezogen und mit einem Teilstrom von kaltem Produktöl gequenchet, unter Erhalt des Produktöls P, das abgezogen wird.

[0052] In den Querschnittsdarstellungen in den Figuren 2A und 2B werden eine Ausführungsform mit 4 Pumpen und zwei Sprühkühlern (in Figur 2A) beziehungsweise eine Ausführungsform mit 4 Pumpen und einem Sprühkühler (in Figur 2B) gezeigt.

Ausführungsbeispiel 1:

[0053] Als Ausgangsmaterial A wurden insgesamt 25 Tonnen eines Ersatzbrennstoffes nach RAL 724 mit den Stoffdaten entsprechend Spalte 1 der unten stehenden Tabelle 1 in einem zweigeteilten Reaktor R wie in Figur 1 dargestellt, prozessiert. Die Umpumpverweilzeit betrug im Mittel 41 s, bei einer Reaktortemperatur von 360 °C.

[0054] In Spalte 2 sind die entsprechenden Stoffdaten für das erhaltene Produktöl (P) aufgeführt

Tabelle 1:	Ausgangsmaterial	Produktöl
Brennwert in Megajoule pro Kilogramm	39,1	44,9
Feuchte in Gewichtsprozent	2	0,25
Inertstoffe in Gewichtsprozent	3	0,1
(Schütt)-Dichte in Kilogramm pro Kubikmeter	38	822
C (Messwert) in Gewichtsprozent	77,10	83,3
H (Messwert) in Gewichtsprozent	12,90	13,2
N (Messwert) in Gewichtsprozent	1,72	1,11
O (Messwert) in Gewichtsprozent	7,0	1,7
Kunststoff in Gewichtsprozent	86,1	
Biomasse in Gewichtsprozent	13,9	
Metalle in Gewichtsprozent	0,0	

[0055] Die Stoffdaten zeigen eine signifikante Absenkung des Stickstoff- und insbesondere des Sauerstoffanteils im Produktöl sowie eine bedeutende Zunahme des Brennwertes.

Ausführungsbeispiel 2:

[0056] Als Ausgangsmaterial A wurden insgesamt 20 Tonnen eines Ersatzbrennstoffes nach RAL 724 mit den Stoffdaten entsprechend Spalte 1 der unten stehenden Tabelle 2 in einem zweigeteilten Reaktor wie in Figur 1 dargestellt, prozessiert. Die Umpumpverweilzeit betrug im Mittel 35 s, bei einer Reaktortemperatur von 380 °C.

[0057] In Spalte 2 der Tabelle 2 sind die entsprechenden Stoffdaten für das erhaltene Produktöl aufgeführt

Tabelle 2	Ausgangsmaterial	Produktöl
Brennwert in Megajoule pro Kilogramm	39,1	44,7
Feuchte in Gewichtsprozent	2,0	0,25
Inertstoffe in Gewichtsprozent	1,5	0,1
(Schütt)-Dichte in Kilogramm pro Kubikmeter	38	822
C (Messwert) in Gewichtsprozent	77,10	84,0
H (Messwert) in Gewichtsprozent	12,90	13,3
N (Messwert) in Gewichtsprozent	1,72	1,18
O (Messwert) in Gewichtsprozent	7,0	1,3
Kunststoff in Gewichtsprozent	66,7	
Biomasse in Gewichtsprozent	30,2	
Metalle in Gewichtsprozent	0,9	

[0058] Die Stoffdaten zeigen eine signifikante Absenkung des Stickstoff- und insbesondere des Sauerstoffanteils im Produktöl sowie eine bedeutende Zunahme des Brennwertes.

Patentansprüche

1. Kontinuierliches Verfahren zur Sekundärressourcengewinnung aus in einem Massenanteil von mindestens 60 % organische Verbindungen enthaltenden Abfällen als Ausgangsmaterial (A) durch Verölung unter Erhalt eines Produktöls (P) in einem zweigeteilten Reaktor (R) mit einem ersten, unteren Bereich (I), worin ein Anfahrol vorgelegt

wird bis zu einer Höhe von mindestens der Hälfte der Gesamthöhe desselben,

und mit einem zweiten oberen Bereich (II), der mit dem unteren Bereich (I) verbunden ist und der beim Anfahren keine Flüssigkeit enthält, in welchen über jeweils eine oder mehrere externe Rohrleitung(en) (1) mittels jeweils einer, zweier oder mehrerer Pumpen (2) mit einem Verhältnis von gerichteter zu ungerichteter Impulsleistung im Bereich von 1/6 bis 1/2 der Reaktorinhalt (RI) vom unteren Ende des ersten, unteren Bereichs (I) des zweigeteilten Reaktors (R) umgepumpt wird, unter Abzug von Produktdampf vom oberen Ende des zweiten oberen Bereichs (II) des zweigeteilten Reaktors (R), der anschließend mit einem kalten Teilstrom von Produktöl (P) abgequencht wird, wobei das Produktöl (P) erhalten wird, indem das Anfahröl zunächst durch Umpumpen über die eine, zwei oder mehreren Pumpen (2) auf eine Betriebstemperatur im Bereich von 280 bis 420 °C aufgeheizt wird, worauf das vorab aufbereitete Ausgangsmaterial (A) kontinuierlich in den ersten, unteren Bereich (I) des zweigeteilten Reaktors (R) unterhalb des Flüssigkeitsspiegels zugeführt wird, und wobei der Reaktorinhalt (RI) vom unteren Ende des ersten, unteren Bereichs (I) des zweigeteilten Reaktors (R) in den zweiten oberen Bereich (II) des zweigeteilten Reaktors (R) umgepumpt wird, dergestalt, dass das Verhältnis der Zulaufverweilzeit des Ausgangsmaterials (A) zur Umpumpverweilzeit des Reaktorinhalts (RI) im Bereich von 250 zu 1 bis 5000 zu 1 liegt.

2. Kontinuierliches Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die als Ausgangsmaterial (A) eingesetzten Abfälle organische Verbindungen in einem Massenanteil von mindestens 80%, bevorzugt von mindestens 90%, insbesondere künstliche organische Verbindungen in einem Massenanteil zwischen 60 und 80% und natürliche organische Verbindungen in einem Massenanteil zwischen 0 und 30%, enthalten.
3. Kontinuierliches Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die als Ausgangsmaterial (A) eingesetzten Abfälle neben organischen Verbindungen Inertstoffe, Füllstoffe, Metalle und/oder Restfeuchte beinhalten, insbesondere Inertstoffe und/oder Füllstoffe in einem Massenanteil von 0 bis 10%, bevorzugt unter 1%, Metalle in einem Massenanteil von 0 bis 1%, bevorzugt unter 1%, und Restfeuchte in einem Massenanteil von 0 bis 10%, bevorzugt unter 1%.
4. Kontinuierliches Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ausgangsmaterial (A) zusätzlich als Inertstoffe Siliziumdioxid in Form von Quarzsand oder Baustoffen und/oder Aluminiumoxid und/oder Calciumhydroxid und/oder als Füllstoffe Glashohl- und/oder Keramikugeln, Glas- und/oder Kohlefasern und/oder Gummipartikel, als auch metallische Stoffe, im Besonderen magnetische und nichtmagnetische Metall-Verbundwerkstoffe und/oder aluminiumbeschichtete Stoffe, enthält.
5. Kontinuierliches Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umpumpverweilzeit des Reaktorinhalts (RI) im Bereich von 15 bis 55 Sekunden liegt, bevorzugt im Bereich von 25 bis 40 Sekunden.
6. Kontinuierliches Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Anfahröl eine Mischung von Produktöl (P) und einem Mineralöl mit einem Siedepunkt größer als 280 °C, bevorzugt in einem Massenverhältnis von 10 % Mineralöl zu 90 % Produktöl (P) bis 90 % Mineralöl zu 10 % Produktöl (P), insbesondere in einem Massenverhältnis von 50 % Mineralöl zu 50 % Produktöl (P), eingesetzt wird.
7. Kontinuierliches Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flächenbelastung B des Umpumpstromes im zweiten, oberen Bereich (II) des zweigeteilten Reaktors (R) über den Volumenstrom desselben sowie die Geometrie des zweiten, oberen Bereichs (II) des zweigeteilten Reaktors (R) auf einen Wert im Bereich von 25 m³/m²/h bis 250 m³/m²/h, bevorzugt auf einen Wert von etwa 100 m³/m²/h, eingestellt wird.
8. Kontinuierliches Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Innenwände des zweigeteilten Reaktors (R) im zweiten, oberen Bereich (II) desselben teilweise oder vollständig beheizt und/oder mit Produktöl (P) benetzt sind.
9. Kontinuierliches Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rückstand aus dem ersten, unteren Bereich (I) des zweigeteilten Reaktors (R) bei Bedarf oder in regelmäßigen Abständen abgetragen und absetzen gelassen wird und das überstehende Ölgemisch wieder in den ersten, unteren Bereich (I) des zweigeteilten Reaktors (R) zurückgeführt und der Rückstand über eine Separationseinheit, insbesondere einen

Filter oder einen Separator, abgetrennt wird.

- 5 10. Kontinuierliches Verfahren einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** lediglich ein erster Teilstrom von 20 bis 80 % des Reaktorinhalts (RI) vom unteren Ende des ersten, unteren Bereichs (I) des zweigeteilten Reaktors (R) in den zweiten, oberen Bereich (II) des zweigeteilten Reaktors (R) und ein zweiter Teilstrom von 80 bis 20%, bevorzugt von 60 bis 70% des Reaktorinhalts (RI) vom unteren Ende des ersten, unteren Bereichs (I) des zweigeteilten Reaktors (R) in den ersten, unteren Bereich (I) des zweigeteilten Reaktors (R) umgepumpt wird.
- 10 11. Kontinuierliches Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Reaktorinhalt (RI) oder ein Teilstrom des Reaktorinhalts (RI) in das obere Drittel des zweiten, oberen Bereichs (II) des zweigeteilten Reaktors (R) zurückgepumpt wird.
- 15 12. Kontinuierliches Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite, obere Bereich (II) des zweigeteilten Reaktors (R) als einstufige oder mehrstufige Trennkolonne genutzt wird, indem ein trennbarer Flansch (F) vorgesehen ist, über den ein oder mehrere horizontale Lochbleche und/oder Gitter einsetzbar sind.
- 20 13. Kontinuierliches Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sauerstoffanteil im Produktöl (P) gegenüber dem Ausgangsmaterial (A) um 40 bis 90 %, insbesondere um 80%, und dass der Stickstoffanteil im Produktöl (P) gegenüber dem Ausgangsmaterial (A) um 50 bis 80 %, insbesondere um 70% niedriger ist.
- 25 14. Kontinuierliches Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennwert des Produktöls (P) zwischen 41 und 46 Megajoule pro Kilogramm, bevorzugt 45 Megajoule pro Kilogramm, beträgt.
- 30 15. Kontinuierliches Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Produktöl (P) die Bildung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen, insbesondere Naphthalin, Acenaphthalin, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren und/oder Benzo(a)pyren, minimiert ist und die Summe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe zwischen 100 und maximal 1000 ppm, vorzugsweise maximal 600 ppm, beträgt.
- 35 16. Kontinuierliches Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ausgangsmaterial (A) Siedlungsabfälle, insbesondere nicht sortierbare Kunststoffanteile hiervon, im Besonderen Sortierfraktionen, die aufgrund ihrer Abmessungen abgesondert werden und/oder Folienreste und/oder schwarze Sortierreste, die durch Nahinfrarot- Spektroskopie nicht detektiert werden können, und/oder Gewerbeabfälle, insbesondere Produktionsabfälle, bevorzugt Abfälle aus dem Recycling von Personenkraftwagen, im Besonderen Autoschredderleichtmaterial, enthält.
- 40 17. Kontinuierliches Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste, untere Bereich (I) des zweigeteilten Reaktors (R) ein Höhe zu Durchmesser Verhältnis von 3 zu 1 bis 1 zu 3, bevorzugt von 1,5 zu 1 aufweist, und insbesondere als stehender oder liegender Zylinder ausgebildet ist.

FIG. 1

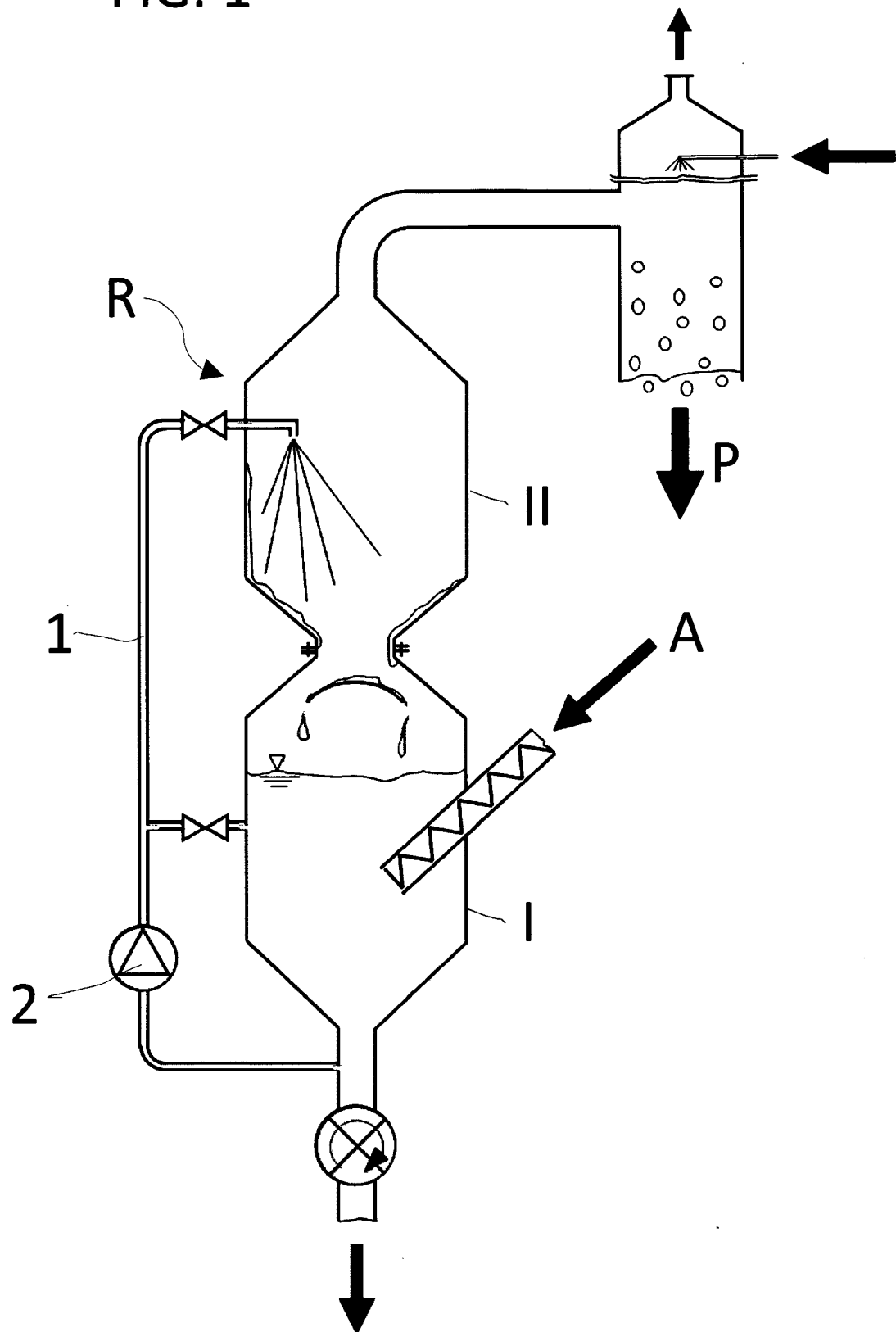


FIG. 2A

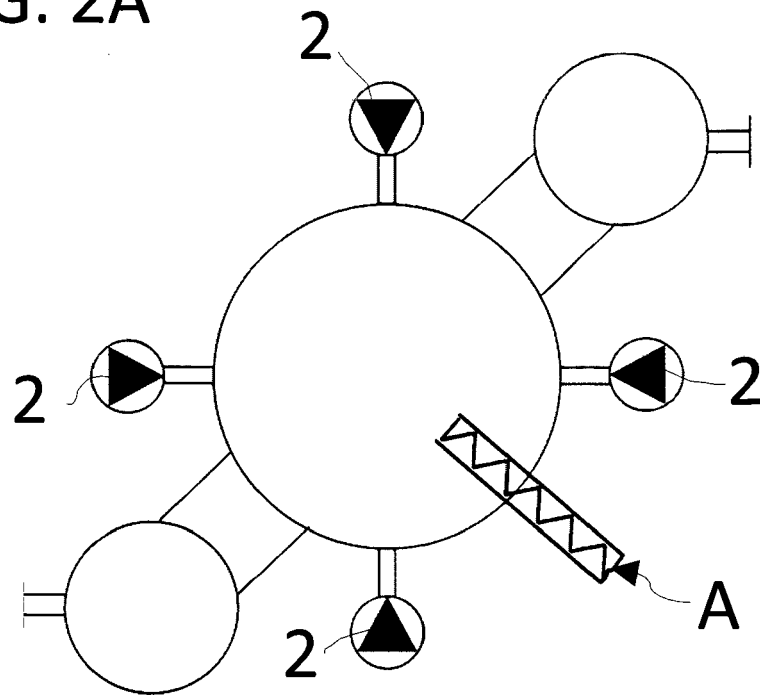
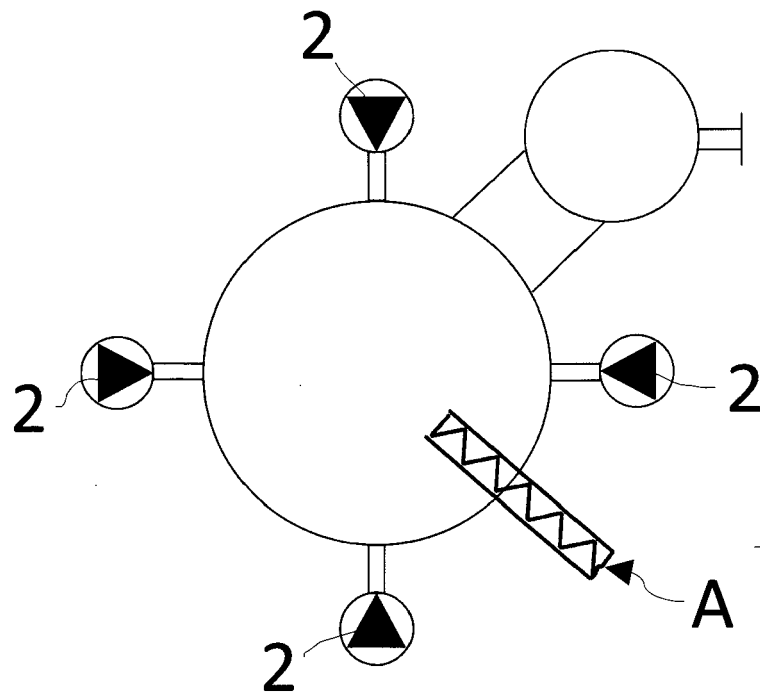


FIG. 2B





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 00 0125

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2010/116211 A1 (BL LAB SP Z O O [PL]) 14. Oktober 2010 (2010-10-14) * Ansprüche 22-27; Abbildung 1 * -----	1-17	INV. C10G1/02 C10G1/10
X	WO 2010/106399 A2 (BL LAB SP Z O O [PL]) 23. September 2010 (2010-09-23) * Ansprüche 25,26; Abbildung 1 * -----	1-17	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C10G
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		23. Januar 2024	Deurinck, Patricia
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 00 0125

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

23-01-2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	WO 2010116211 A1	14-10-2010	EP	2417223 A1	15-02-2012	
			IL	215585 A	30-11-2015	
			PL	218782 B1	30-01-2015	
15			US	2012097518 A1	26-04-2012	
			WO	2010116211 A1	14-10-2010	

	WO 2010106399 A2	23-09-2010	EP	2406348 A2	18-01-2012	
			IL	215036 A	30-11-2015	
20			PL	212812 B1	30-11-2012	
			US	2012065440 A1	15-03-2012	
			US	2014171701 A1	19-06-2014	
	WO	2010106399 A2	23-09-2010			

25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82