(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
15. Mai 2014 (15.05.2014)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/072483 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
C08J 11/10 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/073430

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. November 2013 (08.11.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 220 498.9
9. November 2012 (09.11.2012) DE

(71) Anmelder: **AQUAFIL ENGINEERING GMBH** [DE/DE]; Düsterhauptstraße 13, 13469 Berlin (DE).

(72) Erfinder: **KARASIAK, Wolf**; Eisenbruchstraße 18, 13467 Berlin (DE). **KARASIAK, Dirk**; Niederbarnimstraße 52A, 16548 Glienicke/Nordbahn (DE).

(74) Anwalt: **MÜLLER, Wolfram H.**; Patentanwälte, Maikowski & Ninnemann, Postfach 15 09 20, 10671 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

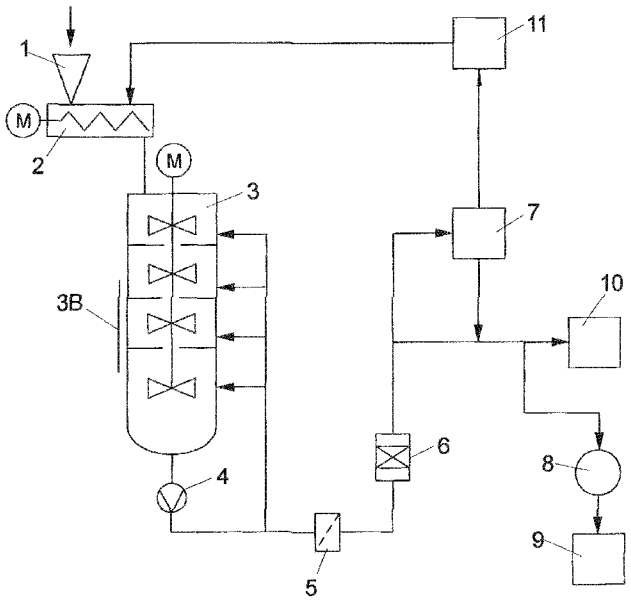
(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: METHOD AND DEVICE FOR TREATING POLYMERS

(54) **Bezeichnung** : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BEHANDLUNG VON POLYMEREN

FIG 1



(57) **Abstract**: The present invention relates to a continuous method for treatment, in particular depolymerisation and/or dissolution of a polymer mixture, particularly a polymer mixture that is inhomogeneous in terms of particle size and/or particle thickness, forming a monomer liquid consisting substantially of a monomer, comprising the steps a) introducing the inhomogeneous polymer mixture into at least one vertical or horizontal reactor (3) having at least one reactor inlet and at least one reactor outlet, and/or b) mixing the inhomogeneous polymer mixture with at least one reactant or solvent; and c) introducing the inhomogeneous polymer mixture mixed with the reactant or solvent into at least one vertical or horizontal reactor (3) having at least one reactor inlet and at least one reactor outlet, and d) continuous depolymerisation and/or dissolution of the inhomogeneous polymer mixture to form the monomer liquid in the at least one vertical or horizontal reactor (3), wherein the particle size and/or particle thickness of the inhomogeneous polymer mixture is reduced continuously along the length of the reactor (3) from the reactor inlet to the reactor outlet, in particular by depolymerisation.

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/072483 A1

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Die vorliegende Erfindung betrifft ein kontinuierliches Verfahren zur Behandlung, insbesondere Depolymerisation und / oder Lösung eines insbesondere bezüglich der Partikelgröße und / oder Partikeldicke inhomogenen Polymergemisches unter Ausbildung einer im Wesentlichen aus einem Monomer bestehenden Monomerflüssigkeit umfassend die Schritte a) Einführen des inhomogenen Polymergemisches in mindestens einen vertikalen oder horizontalen Reaktor (3) mit mindestens einem Reaktoreinlass und mindestens einem Reaktorauslass, und / oder b) Vermischen des inhomogenen Polymergemisches mit mindestens einem Reaktant oder Lösungsmittel; und c) Einführen des mit dem Reaktant oder Lösungsmittel vermischten inhomogenen Polymergemisches in mindestens einen vertikalen oder horizontalen Reaktor (3) mit mindestens einem Reaktoreinlass und mindestens einem Reaktorauslass, und d) kontinuierliche Depolymerisation und / oder Lösung des inhomogenen Polymergemisches zu der Monomerflüssigkeit in dem mindestens einen vertikalen oder horizontalen Reaktor (3), wobei sich die Partikelgröße und / oder Partikeldicke des inhomogenen Polymergemisches entlang der Länge des Reaktors (3) von Reaktoreinlass zum Reaktorauslass insbesondere durch Depolymerisation kontinuierlich verringert.

Verfahren und Vorrichtung zur Behandlung von Polymeren

Die vorliegende Erfindung betrifft ein kontinuierliches Verfahren zur Behandlung, insbesondere Depolymerisation eines inhomogenen Polymergemisches gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung zur Durchführung solch eines Verfahrens gemäß Anspruch 16.

Beschreibung

Polymerabfälle, welche beim Herstellungsprozess von Fäden, Fasern, Filmen, Flaschen etc. oder bei der Polymerherstellung selbst anfallen, werden schon seit Langem in der Industrie verarbeitet. Hierbei wird jedoch darauf geachtet, dass der Abfall möglichst rein gehalten und nicht verunreinigt wird. Der Anteil dieses sauberen Abfalls am Gesamtaufkommen des Abfalls ist jedoch relativ gering.

Der größere Anteil ist der sogenannte post-consumer Abfall, also der Abfall, der nach Verwendung beim Verbraucher anfällt, erheblich verschmutzt sein kann und bisher in großen Mengen auf Deponien oder in Landauffüllungen abgelagert wird. Durch diese Vorgehensweise werden große Rohstoffmengen und Ressourcen nicht genutzt.

In den bisher bekannten Verfahren zur Aufarbeitung von Polymerabfällen erfolgt z.B. die Rückgewinnung von Polyester, hergestellt aus einer Dicarbonsäure und einem Diol, durch diskontinuierliche oder halbkontinuierliche Verfahren. Hierzu müssen Fremdstoffe wie andere Polymere, Papier, Klebstoffe, Schmutz etc. aus Abfallstoff entfernt werden.

Die Entfernung von Farbstoffen aus Polymerabfällen erfolgt bisher gar nicht oder nur äußerst begrenzt. Aus diesem Grund wird der Abfall vorsortiert und farbliche Abfälle werden einer gesonderten Verwendung zugeführt bzw. werden erneut in den Abfall gegeben.

Ein weiterer Teil der nicht farbigen post-consumer Abfälle wird in Waschanlagen von Fremdstoffen befreit und in meist mechanischen Anlagen, z.B. Extrudern, einer neuen, meist down-recycelten Verwendung zugeführt.

Bei Abfällen aus Polyamid (Nylon 6), werden die Moleküle in einem diskontinuierlichen Prozess unter hohem Druck und Verwendung von überhitztem Wasserdampf und Säure aufgespalten. Anschließend wird das erhaltene verunreinigte Caprolactam einer

aufwendigen Reinigung unterzogen, bis es erneut für die Herstellung von Polyamid eingesetzt werden kann.

Aufgrund der diskontinuierlichen bzw. halbkontinuierlichen Recycling-Verfahren sind deren Leistungen beschränkt und für den Einsatz bei großen Abfallmengen, welche z.B. im Bereich von Polyester-Flaschen anfallen, unwirtschaftlich.

Bei Polyesterabfällen wird das Abfall-Polymer typischerweise in Batch-Verfahren z.B. zu dem Monomer Bis(hydroxyethyl)terephthalat (BHET) und weiteren Monomeren und Oligomeren abgebaut bzw. depolymerisiert. Ein Nachteil bei den bisher verwendeten Batch-Verfahren ist die relativ lange Verweildauer der Monomer-Lösung unter den Batch-Bedingungen, die zu einer unerwünschten Verfärbung der Monomer-Lösung und zur Erhöhung des DEG Gehaltes (Diethylenglykol) führt. Die lange Verweildauer in einem Batch-Reaktor ist in erster Linie durch die unterschiedlichen Polymerdicke und / oder -größe bedingt; je größer die Polymerpartikel desto längere Löse- bzw. Depolymerisationszeit ist notwendig. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass bereits vorhandene Monomere in einem Batch-Reaktor den hohen Depolymerisationstemperaturen ausgesetzt sind, und es dabei zur Bildung von unerwünschten Nebenprodukten z.B. Verfärbungen und DEG kommt, die aufwendig entfernt werden müssen oder unerwünscht sind. Dies ist mit hohen Kosten verbunden.

Außerdem führt das bisherige diskontinuierliche oder halbkontinuierliche Recycling zu starken Qualitätsschwankungen und erfordert große Lagerkapazitäten für die rückgewonnenen Stoffe. Deshalb gibt es auf diesem Gebiet auch Erfindungen zur Reinigung des hergestellten Monomers (EP1510514). Grundsätzlich wurden jedoch eher prozentuale Begrenzungen für die Verwendung des recycelten Oligomers/Monomers bei 30% bis zu 50% eingeführt, um Qualitätsschwankungen im Polymerisations-/Polykondensationsprozesse durch Zugabe von Recyclingmaterial zu vermeiden.

Aufgrund der bisher nur unzureichenden Behandlung und Aufarbeitung von Polymeren, insbesondere von Polymerabfällen bestand daher die Aufgabe, Verfahren und Vorrichtungen zu entwickeln, die die Nachteile der bekannten Verfahren vermeiden und zugleich kosteneffektiv durchführbar sind.

Diese Aufgabe wird mit einem kontinuierlichen Verfahren gemäß dem Anspruch 1 und einer Vorrichtung gemäß dem Anspruch 16 gelöst.

Demnach wird ein kontinuierliches Verfahren zur Behandlung von inhomogenen Polymergemischen beansprucht. Die Inhomogenität kann sich insbesondere auf die Partikelgröße und / oder Partikeldicke beziehen. Die Behandlung umfasst insbesondere eine Depolymerisation und / oder Lösung eines Polymergemisches unter Ausbildung einer im Wesentlichen aus einem Monomer bestehenden Monomerflüssigkeit.

Die Monomerflüssigkeit beinhaltet u.a. mindestens ein Monomer, mindestens ein Lösungsmittel und / oder mindestens einen Reaktanten. Die Monomerflüssigkeit kann auch Oligomere und / oder Polymere enthalten.

Das Verfahren umfasst folgende Schritte:

a) Einführen des inhomogenen Polymergemisches in mindestens einen vertikalen oder horizontalen Reaktor mit mindestens einem Reaktoreinlass und mindestens einem Reaktorauslass, und / oder
b) Vermischen des inhomogenen Polymergemisches mit mindestens einem Reaktant oder Lösungsmittel; und
c) Einführen des mit dem Reaktant oder Lösungsmittel vermischten inhomogenen Polymergemisches in mindestens einen vertikalen oder horizontalen Reaktor mit mindestens einem Reaktoreinlass und mindestens einem Reaktorauslass, und
d) kontinuierliche Depolymerisation und / oder Lösung des inhomogenen Polymergemisches zu der Monomerflüssigkeit in dem mindestens einen vertikalen oder horizontalen Reaktor, wobei sich die Partikelgröße und / oder Partikeldicke des inhomogenen Polymergemisches entlang der Länge des Reaktors von Reaktoreinlass zum Reaktorauslass insbesondere durch Depolymerisation kontinuierlich verringert.

Das vorliegende Verfahren bewirkt somit die Ausbildung eines Gradienten entlang des Reaktors, der durch Partikeldicke und / oder Partikelgröße sowie Kettenlänge des Polymergemisches bestimmt wird. Kleine und dünne Polymerpartikel werden unmittelbar nach Eintritt in den Depolymerisationsreaktor depolymerisiert und die gebildete Monomerflüssigkeit wird ohne längere und unnötige Verweildauer aus dem Reaktor abgeführt.

Große und dicke Partikel hingegen benötigen eine längere Depolymerisationszeit bzw. Lösezeit und müssen somit länger im Reaktor bis zu einer vollständigen Depolymerisation

oder Lösung verbleiben. Die großen und dicken Partikel werden daher in dem Bereich des Reaktors, der dem Reaktoreingang bzw. Reaktoreinlass am nächsten liegt, z.B. durch geeignete Mittel solange zurückgehalten, bis diese in ausreichendem Maß flüssig sind. Die dabei gebildete Monomerflüssigkeit wird hin zum Reaktorauslass geführt und am Reaktorauslass aus dem Reaktor abgeführt.

In einer Ausführungsform des Verfahrens werden Partikel mit geringer Partikelgröße und / oder geringer Partikeldicke des inhomogenen Polymergemisches nach Eintritt in den Reaktor sofort depolymerisiert und / oder gelöst und die gebildete Monomerflüssigkeit hin zum Reaktorauslass geführt und am Reaktorauslass aus dem Reaktor abgeführt, und wobei Partikel großer Partikelgröße und / oder Partikeldicke des inhomogenen Polymergemisches nach Eintritt in den Reaktor solange im Reaktor verweilen, bis diese Partikel des Polymergemisches vollständig depolymerisiert und / oder gelöst sind.

In einer Ausführungsform des vorliegenden Verfahrens ist es möglich, dass sich innerhalb des Reaktors mindestens zwei Reaktionszonen herausbilden. Diese Reaktionszonen können durch geeignete Einbauten gebildet werden, durch welche das gröbere Polymermaterial (große und dicke oder nicht lösliche oder nicht polymerisierbare Partikel) zurückgehalten wird, aber durch welche gleichzeitig die gebildete Monomerflüssigkeit aus den Reaktionszonen abfließen kann. Vorstellbar wären z.B. mit Löchern versehene Platten oder ähnliches. Es kann dabei auch vorgesehen sein, dass derartige Löcher in den Platten am Reaktoreinlass einen größeren Durchmesser aufweisen als am Reaktorende. Am Reaktoreinlass könnten demnach sehr große und dicke Partikel zurückgehalten, während in Richtung Reaktorauslass kleinere und dünnere Partikel zurückgehalten werden. Da sich die Größe und Dicke der Partikel sich im Verlaufe des Prozesses ändert, insbesondere abnimmt, wandern die noch nicht vollständig verflüssigten, depolymerisierten Partikel mit abnehmender Größe in Richtung Reaktorauslass; mit fortschreitendem Prozess gelangen die kleiner und dünner werdenden Polymerpartikel von einer Reaktionszone in die nächste Reaktionszone.

Wie erwähnt, wird das vorliegende Verfahren in einem vertikalen oder horizontalen Reaktor durchgeführt.

Im Falle eines vertikalen Reaktors kann in einer Ausführungsform vorgesehen sein, dass das inhomogene Polymergemisch in diesen mindestens einen vertikalen Reaktor, der über mindestens zwei Reaktionszonen mit jeweils mindestens einer Mischeinrichtung verfügt,

eingeführt wird, wobei das inhomogene Polymergemisch den Reaktor von oben nach unten durchströmt, und wobei das Polymer entsprechend gelöst oder depolymerisiert wird. Die Verwendung eines vertikalen Reaktors mit mindestens zwei Reaktionszonen, der von dem Polymer von oben nach unten durchströmt wird, ermöglicht ein Anlösen des Polymers bereits im oberen Reaktorbereich.

Im Falle eines vertikalen Reaktors kann in einer weiteren Ausführungsform auch vorgesehen sein, dass das inhomogene Polymergemisch in diesen mindestens einen vertikalen Reaktor eingeführt wird, wobei das inhomogene Polymergemisch den Reaktor von unten nach oben durchströmt, und wobei das Polymer entsprechend angelöst und depolymerisiert wird.

In dieser zweiten Verfahrensvariante im Falle eines vertikalen Reaktors kann das Polymergemisch in verschiedener Weise von unten in den Reaktor eingetragen werden. So kann das Polymergemisch am unteren Ende des Reaktors von außen zugeführt werden. Es ist aber auch denkbar, das Polymergemisch über eine Leitung in den Reaktorinnenraum einzuführen, so dass das Polymergemisch im unteren Bereich des Reaktorinnenraums aus der Leitung in denselbigen austritt. Im Falle dieser Ausführungsvariante, in welcher das Polymergemisch den Reaktor von unten nach oben durchströmt, erfolgt die Gradientenbildung entlang des Reaktors von unten nach oben. Hierbei ist nicht zwingend eine Ausbildung von Reaktionszonen erforderlich, vielmehr verweilen die größeren und dickeren Partikel des Polymergemisches aufgrund ihres größeren Gewichtes bzw. Masse im unteren Bereich des Reaktors und die Monomerflüssigkeit steigt im Reaktor nach oben (oder wird nach oben gefördert oder bewegt sich nach oben).

Wird ein horizontaler Reaktor verwendet, so weist dieser horizontale Reaktor vorzugsweise eine Misch- und / oder Fördereinrichtung, z.B. eine Förderschnecke auf, die entlang der Längsachse des Reaktors in dessen Innenraum vorgesehen ist. In diesem Falle wird das inhomogene Polymergemisch in diesen mindestens einen horizontalen Reaktor so eingeführt, dass das inhomogene Polymergemisch in den horizontalen Reaktor z.B. entgegen die gegen die Strömungsrichtung arbeitende Förderschnecke eingeleitet wird und die Monomerflüssigkeit am Reaktorende abgeführt wird. Solch ein horizontaler Reaktor weist mehrere Reaktionszonen, jedoch mindestens zwei Reaktionszonen, auf, die z.B. durch die Misch- und / oder Förderschnecke ausgebildet werden. Die Gewindegänge der Misch- und / oder Förderschnecke sind mit Löchern versehen. Die Löcher sind am Reaktoreinlass größer ausgeführt als am Reaktorauslass. Hierdurch werden während der Drehung der Schnecke die größeren und dickeren Partikel, d.h. noch nicht depolymerisierte oder nicht gelöste

Partikel, stetig in Richtung zum Reaktoreinlass befördert bzw. im Bereich des Reaktoreinlasses gehalten, während die durch die Depolymerisation oder Lösung gebildete Monomerflüssigkeit durch die immer kleiner werdenden Löcher in den Gewindegängen zum Reaktorauslass gelangt. Ein Beispiel für solch einen Reaktor ist in der DE 1518908 beschrieben.

Das zu behandelnde inhomogene Polymergemisch (z.B. aus Polyestern oder Polyamiden) ist insbesondere ein Abfall-Polymergemisch, und bevorzugt ein farbiges Polymergemisch aus Industrie- und / oder Verbraucherabfällen. Typische Polyester sind z.B. Polybutylenterephthalat (PBT), Polyethylenterephthalat (PET), Polytrimethylenterephthalat (PTT), Polyethylennaphthalat (PEN) oder auch Polycarbonate (PC). Mit dem vorliegenden Verfahren wird bevorzugt PET abgebaut. Als typische Polyamide sei beispielhaft auf die Polyamide 6, 6.6 oder 6.10 hingewiesen.

Es ist auch denkbar, dass mittels dieses Verfahrens auch Oligomere und Monomere behandelt werden.

In dem vorliegenden Verfahren wird das Polymer z.B. ein Abfall-Polymer somit bevorzugt kontinuierlich in einen ein- oder mehrstufigen Reaktor eingebracht, wobei das Polymer bevorzugt möglichst sortenrein ist. Häufig beschriebene Probleme mit PVC können ohne Probleme in dem Verfahren und Reaktor abgetrennt werden.

Der bisher beschriebene negative Effekt der Verfärbung bei zu hohen Temperaturen und langen Verweilzeiten im Depolymerisationsreaktor bei Verwendung von reinem ungefärbtem Polymerabfall entfällt, da das eingebrachte Polymer im Vergleich zu den bisherigen Verfahren nicht nach Farben sortiert werden muss. Es können alle Polymerfarben in dem neuen Verfahren verwertet werden.

In einer Ausführungsform wird das Polymer vor Einführen in den Reaktor zu einem inhomogenen Polymergemisch zerkleinert. Das inhomogene Polymergemisch kann Polymerpartikel mit einer Größe, insbesondere einer mittleren Größe in einem Bereich zwischen 30 mm und 1 mm, bevorzugt zwischen 15 mm und 3 mm aufweisen. Alternativ kann die mittlere Partikelgröße z.B. aus Folienabfällen zwischen 5 µm und 1 mm, insbesondere zwischen 10 µm und 0,5 mm betragen.

Nach Zerkleinerung kann das inhomogene Polymergemisch vor Zufuhr in den Reaktor mit mindestens einem Reaktant oder mit mindestens einem Lösungsmittel in Kontakt gebracht oder gemischt werden. Als Reaktant und / oder Lösungsmittel können ein organisches Lösungsmittel, insbesondere Glykole mit der allgemeinen Formel $R(OH)_2$ mit $R = C_nH_{2n}$ mit n = 2 bis 12, bevorzugt Ethylenglykol, oder eine wässrige Lösung, insbesondere eine saure wässrige Lösung verwendet werden.

Der Reaktant oder das Lösungsmittel (Flüssigkeit) zum Depolymerisieren oder Lösen des inhomogenen Polymergemisches kann sowohl im Unterschuss als auch im Überschuss zugegeben werden. Es wird jedoch bevorzugt im Unterschuss zugegeben, um die Rückgewinnung oder Reinigung der Flüssigkeit einfach sowie kostengünstig zu gestalten und um die Monomerflüssigkeit nicht zu sehr zu verdünnen.

Das inhomogene Polymergemisch wird in dem Reaktor kontinuierlich im Wesentlichen zum Monomer abgebaut oder depolymerisiert. Vorwiegend bedeutet im Wesentlichen, dass die Monomerflüssigkeit überwiegend aus einem Monomer besteht. Darüber hinaus können Oligomere mit einer Kettenlänge von weniger als 50 in der Monomerflüssigkeit nach dem Depolymerisationsprozess enthalten sein. Im Falle des Polyesters PET enthält die Monomerflüssigkeit über 90 Gew% des Monomers Bis(hydroxyethyl)terephthalat (BHET).

Dabei ist es unerheblich, ob das Polymer vorher einem Anlösevorgang unterzogen worden ist oder nicht. Der Anlösevorgang wirkt sich zwar positiv auf die Depolymerisationzeit aus, kann aber grundsätzlich durch den neuartigen kontinuierlich betriebenen Depolymerisationsreaktor übernommen werden. Zusätzlich ist eine Vorlage von bereits depolymerisierten Produkt, Monomer oder BHET, wie in diskontinuierlichen Verfahren häufig erwähnt, nicht erforderlich. In den unterschiedlichen Zonen des Depolymerisationsreaktors können die Prozessbedingungen entsprechend der unterschiedlichen Qualität und Viskosität des Rohabfalles angepasst werden.

In einer Ausführungsform weist der Reaktor mindestens zwei Reaktionszonen auf, wobei im Falle eines vertikalen Reaktors in jeder der Reaktionszonen eine Mischvorrichtung angeordnet ist. Es ist aber denkbar, dass eine oder mehrere der Reaktionszonen keine Mischvorrichtung aufweisen. Die Mischvorrichtung kann z.B. ein Rührwerk oder eine Schnecke sein. Es ist aber auch denkbar, dass die Mischvorrichtung in Form einer Mischdüse ausgebildet ist, wobei die Durchmischung dann so erfolgt, dass zumindest ein Teil der den Reaktor verlassenen Monomerlösung in die einzelnen Reaktionszonen in Form

von Teilströmen rückgeführt wird. Jeder der einzelnen Reaktionszonen kann bevorzugt separat angesteuert werden.

Die Depolymerisation des inhomogenen Polymergemische wird abhängig von der Polymerart in dem Reaktor bevorzugt bei Temperaturen zwischen 50 °C bis 350 °C, insbesondere zwischen 180°C und 240°C, und Drücken zwischen 0,5 bar und 10 bar absolut, insbesondere zwischen 0,8 bar und 6 bar absolut, z.B. 5 bar absolut durchgeführt. Die Erwärmung erfolgt dabei über eine im Reaktor und / oder außerhalb des Reaktors angeordnete Heizung.

Die durchschnittliche Verweilzeit des Polymergemisches, insbesondere der gebildeten Monomerflüssigkeit, im Reaktor beträgt 30 bis 120 min. Die Verweilzeit ist insbesondere abhängig von dem verwendeten Polymermaterial und der Partikelgröße, wie oben ausgeführt.

Die Monomerflüssigkeit kann einer Vorrichtung zum Abtrennen von unlöslichen Teilen bzw. Stoffen, beispielsweise einer Filtervorrichtung, zugeführt werden. Die hierfür verwendeten Einrichtungen sind dem Fachmann geläufig. Diese Vorrichtung oder Einrichtung kann im Seitenstrom des Reaktors angeordnet sein.

In einer weiteren Variante des Verfahrens wird die den Reaktor verlassene Monomerflüssigkeit in mindestens einen Entfärbungsreaktor zur Entfärbung der Monomerflüssigkeit eingeführt. Es ist denkbar, dass die den Reaktor verlassene Monomerflüssigkeit zunächst von unlöslichen Stoffen befreit wird, bevor diese Monomerflüssigkeit in den Entfärbungsreaktor eintritt.

In einer Variante des Verfahrens erfolgt die Entfärbung durch ein Additiv oder Entfärbungsmittel in einem Entfärbungsreaktor. Die zur Entfärbung verwendeten Additive/Entfärbungsmittel sind ausgewählt aus einer Gruppe, enthaltend aktivierten Kohlenstoff, aktivierte Tonmineralien, wie beispielsweise Clay, Bentonit, Montmorillonit, Zeolithe. Die Additive/Entfärbungsmittel können je nach dem zu recycelnden Polymertyp in Zusammensetzung und Art variieren. Die Additive und / oder Entfärbungsmittel liegen bevorzugt als stationäre Phase wie z.B. in Form einer Membran in dem Entfärbungsreaktor vor. Ein entscheidender Vorteil des neuen Verfahrens ist es, dass eine aufwendige Abtrennung der aktiven Entfärbungsmittel durch Filtration, wie in anderen Verfahren beschrieben, nicht erforderlich ist.

In einer weiteren Variante des Verfahrens wird der Reaktant oder das Lösungsmittel von der Monomerflüssigkeit in einer Trennvorrichtung, insbesondere in einer Vorrichtung zum Eindicken und / oder Konzentrieren, abgetrennt. Hierbei kann der Reaktant oder das Lösungsmittel z.B. mittels Verdampfen in einer Verdampfungsvorrichtung von der Monomerflüssigkeit abgetrennt werden. Die Verdampfung bzw. das Abtrennen der Monomerflüssigkeit erfolgt hier bei Drücken und Temperaturen, die auf den verwendeten Reaktanten oder das Lösungsmittel abgestimmt sind.

Die in der Trennvorrichtung aufkonzentrierte Monomerflüssigkeit kann anschließend in mindestens eine Polymerisationsvorrichtung zur Herstellung eines auf den Monomeren basierenden Polymers eingespeist werden. Das vorliegende Verfahren ermöglicht demnach eine kontinuierliche Bereitstellung eines Monomers für eine anschließende erneute Polymerisationsreaktion.

Es ist auch denkbar, dass die Monomerflüssigkeit in nicht aufkonzentrierter Form in mindestens eine Polymerisationsvorrichtung zur Herstellung eines auf den Monomeren basierenden Polymers eingeführt wird. Entsprechend kann also die Monomerflüssigkeit auch unmittelbar zur Polymerisation verwendet werden ohne die Notwendigkeit weiterer kostenintensiver Aufarbeitungsschritte.

Es ist generell auch möglich, dass der den Entfärbungsreaktor verlassende Strom aus Monomerflüssigkeit aufgeteilt wird, wobei ein erster Teil unmittelbar in die Polymerisationsvorrichtung eingespeist wird und der andere, zweite Teil zunächst der Trennvorrichtung zugeführt und aufkonzentriert wird. Die aufkonzentrierte Monomerflüssigkeit kann dann anschließend ebenfalls der Polymerisationsvorrichtung zugeführt werden.

In einer weiteren Ausgestaltung des vorliegenden Verfahrens ist vorgesehen, die nicht-aufkonzentrierte und / oder aufkonzentrierte Monomerflüssigkeit in mindestens einer weiteren Einrichtung oder Vorrichtung zu verfestigen. Die Verfestigung der Monomerflüssigkeit kann z.B. auf einer Kühlwalze oder auf einem Kühlband zu Schuppen oder anders geformten Teilchen erfolgen. Das verfestigte Produkt kann abschließend abgepackt und gelagert werden und später zur Polymer-Herstellung verwendet werden.

Es ist bevorzugt, wenn das mindestens eine in der Trennvorrichtung abgetrennte Reaktant oder Lösungsmittel zur Herstellung einer Mischung mit dem insbesondere zerkleinerten inhomogenen Polymergemisch recycelt bzw. rückgeführt wird. Somit ermöglicht das vorliegende Verfahren eine kontinuierliche und ökologische Fahrweise, da der Flüssigkeitsträger wiederverwendet wird.

Es ist weiterhin bevorzugt, wenn das in der Verdampfungsvorrichtung abgetrennte Reaktant oder Lösungsmittel vor Rückführung in mindestens einer Reaktant- oder Lösungsmittel-Aufbereitung z.B. mittels Destillation behandelt wird.

Das vorliegende kontinuierliche Verfahren kann in einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 16 durchgeführt werden, die mindestens einen vertikalen oder horizontalen Reaktor zur Depolymerisation oder Lösung eines inhomogenen Polymergemisches umfasst und mindestens eine Reaktionszone aufweist.

Vorteilhafterweise weist der Reaktor mindestens eine Misch- und / oder eine Fördereinrichtung aufweist.

In einer Ausführungsform kann die mindestens eine Reaktionszone eine Schnecke aufweisen oder durch eine Schnecke gebildet sein. So kann der vertikale Reaktor mindestens zwei Reaktionszonen aufweisen, wobei in jeder Reaktionszone mindestens ein Rührwerk vorgesehen ist. Das Rührwerk kann eine Schnecke sein. Für den Fall, dass die Strömung der Momomerflüssigkeit von unten nach oben erfolgt, kann eine Reaktionszone ausreichen. Ein Rührwerk ist dann u.U. nicht erforderlich.

Dabei kann die Schnecke vorteilhafterweise mit Löchern versehen sein, wobei die Größe der Löcher in Richtung des Einlassendes des Reaktors zunimmt. Beim Einlass werden die Polymerteile z.B. aus Kunststoffabfall noch relativ groß sein, so dass diese ab einer bestimmen Entfernung vom Einlass durch hinreichend kleine Löcher aufgehalten werden, damit eine effiziente Depolymerisation erfolgen.

Auch ist es vorteilhaft, wenn der Reaktor horizontal angeordnet ist, einen runden Querschnitt hat und die Schnecke exzentrisch zum Reaktor liegt. Die exzentrische Ausführung erlaubt die Bildung eines Gasraumes, was das Abziehen von entstehenden Dämpfen ermöglicht.

Die Vorrichtung kann vorteilhafterweise eine Einrichtung zum Abtrennen von unlöslichen Substanzen aufweisen. Die Abtrennung von unlöslichen Substanzen kann im Reaktor und / oder durch eine Filtereinrichtung nach dem Reaktor erfolgen.

Auch kann mindestens ein nachgeschalteter Entfärbungsreaktor zum Entfärben der Monomerflüssigkeit vorgesehen sein.

Ferner kann die Vorrichtung vorteilhafterweise eine nachgeschaltete Verfestigungsvorrichtung für die entfärbte Monomerflüssigkeit aufweisen. Die Vorrichtung zum Verfestigen des Monomers kann eine Kühlwalze oder ein Kühlband umfassen.

In einer weiteren Ausführungsform ist mindestens eine Trennvorrichtung, insbesondere zum Eindicken und / oder Konzentrieren, zum zumindest teilweisen Entfernen des Reaktanten oder Lösungsmittel aus der Monomerflüssigkeit vorgesehen. Hier wird insbesondere der Reaktant oder das Lösungsmittel aus der den Entfärbungsreaktor verlassenen farbstofffreien Monomerflüssigkeit abgetrennt und die Monomerflüssigkeit aufkonzentriert.

Auch ist es vorteilhaft, wenn eine Vorrichtung zur Aufbereitung des zumindest teilweise in der Trennvorrichtung entfernten Reaktanten oder Lösungsmittels vorgesehen ist.

In einer weiteren Variante weist die vorliegende Vorrichtung mindestens eine Vorrichtung zur Aufbereitung des zumindest teilweise in der Verdampfungsvorrichtung und / oder dem Reaktor, insbesondere dem Dempolymerisationsreaktor entfernten Reaktanten oder Lösungsmittels auf.

Der aufbereitete Flüssigkeitsträger (Reaktant oder Lösungsmittel) wird anschließend direkt oder indirekt von der Reaktant- oder Lösungsmittelaufbereitungsvorrichtung in die Zuführvorrichtung für den Reaktor rückgeführt. Es ist auch denkbar, dass der Flüssigkeitsträger (Reaktant oder Lösungsmittel) ohne Aufbereitung von der Trennvorrichtung unmittelbar zurückgeführt wird. Auf jeden Fall ist eine vollständiges Recyclen des verwendeten Reaktanten oder Lösungsmittels möglich.

Prinzipiell sind sämtliche für die Verfahren dargestellten Ausführungsvarianten auf die vorliegenden Verfahren und Vorrichtungen übertragbar und miteinander kombinierbar.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnungen an mehreren Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer vierten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Figur 1 zeigt eine Vorrichtung bzw. Anlage zur Durchführung einer ersten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Hierzu wird ein Polymer, bevorzugt ein Abfall-Polymer, zunächst in ein inhomogenes Polymergemisch mit einer Partikelgröße kleiner als 30 mm in einer entsprechenden Mahlvorrichtung (nicht gezeigt) zerkleinert und über eine Aufgabevorrichtung 1 in eine Zuführeinrichtung 2 eingespeist, in welcher das inhomogene Polymergemisch mit einem geeigneten Reaktant oder Lösungsmittel wie z.B. Ethylenglykol vermischt wird.

Die Mischung aus Polymergemisch und Reaktant oder Lösungsmittel wird anschließend in einen vertikalen Reaktor, insbesondere einem Depolymerisationsreaktor 3 mit mehreren Reaktionszonen über die Zuführeinrichtung 2 eingespeist. Vorliegend weist der Depolymerisationsreaktor 3 ein Rührwerk auf, das sich entlang der gesamten Reaktorlänge erstreckt. Die Mischung strömt hier von oben nach unten durch den Depolymerisationsreaktor 3.

Im Depolymerisationsreaktor 3 erfolgt der Abbau des Abfall-Polymers, z.B. Polyester zu BHET Monomer, bei einer Temperatur in einem Bereich zwischen 50°C und 350°C und einem Druck in einem Bereich zwischen 0,5 bar bis 5 bar. Die Erwärmung erfolgt dabei über eine innen- und außenliegende geeignete Heizung, beispielsweise 3B. Das im Reaktor

gebildete Monomer, bestehend aus reinem BHET, Oligomeren und Reaktant wird am unteren Ende des vertikalen Reaktors 3 abgeführt.

Die den Reaktor 3 verlassene Monomerflüssigkeit wird anschließend in einen ersten Strom und einen zweiten Strom aufgespaltet, wobei der erste Strom in Form von Teilströmen in die Reaktionszonen des Reaktors 3 rückgeführt wird und der zweite Strom einer Einrichtung 5 zur Entfernung von Feststoffen zugeführt wird.

Nach Entfernung der Feststoffe wird die Monomerflüssigkeit in einen Entfärbungsreaktor 6 eingeleitet, in welchem durch aktivierte Additive/Entfärbungsmittel wie Kohlenstoff oder Ton (clay) die Farbstoffe aus der Monomerflüssigkeit entfernt werden.

Die den Entfärbungsreaktor 6 verlassene nunmehr farbstofffreie Monomerflüssigkeit wird wiederum in zwei Teilströme aufgeteilt, wobei ein erster Teilstrom der farbstofffreien Monomerflüssigkeit unmittelbar in einen Polymerisationsreaktor 10 zur Polymerherstellung eingeleitet wird und ein weiterer Teilstrom in eine Verdampfungs- bzw. Aufkonzentrierungsvorrichtung 7 zur Abtrennung des Reaktanten oder Lösungsmittels eingeleitet wird.

Die in der Verdampfungsvorrichtung 7 aufkonzentrierte farbstofffreie Monomerflüssigkeit wird anschließend entweder in den Polymerisationsreaktor 10 zur Polymerherstellung eingespeist und / oder in eine Kühlvorrichtung 8 wie z.B. eine Kühlwalze oder Kühlband zur Verfestigung eingeführt. Das verfestigte Produkt kann anschließend zweckmäßig in einer Verpackungsvorrichtung 9 verpackt werden.

Der in der Verdampfungsvorrichtung 7 entfernte Reaktant oder das entfernte Lösungsmittel wird in einer Aufbereitungsvorrichtung 11 weiteren Reinigungsschritten z.B. mittels Destillation oder ähnlichem unterzogen und anschließend unmittelbar oder nach Zwischenlagerung der Zuführeinrichtung 2 wiederzugeführt und hier mit dem Polymer-Abfall gemischt.

Das vorliegende Verfahren ermöglicht somit einen kontinuierlichen und effizienten Betrieb zur Aufarbeitung von Polymerabfällen, ohne dass eine aufwändige Trennung der Polymerabfälle entsprechend ihres Farbgehaltes notwendig ist.

Figur 2 zeigt eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, das sich von der ersten Ausführungsform der Figur 1 in Hinblick auf die Betriebsweise des Reaktors 3 unterscheidet.

Wie auch in Figur 1 wird das zerkleinerte Abfall-Polymer zunächst mit einem Reaktant oder Lösungsmittel in einer Zuführvorrichtung 2 gemischt. Das Gemisch wird anschließend jedoch zunächst einem Anmischbehälter 2A eingeleitet, in dem eine bessere Durchmischung von zerkleinerten Abfall-Polymer und Reaktant oder Lösungsmittel erreicht wird.

Diese Mischung verlässt den Anmischbehälter 2A und wird über eine geeignete Leitung in den unteren Bereich des Depolymerisationsreaktors 3 eingeleitet, der in diesem Ausführungsbeispiel kein Rührwerk aufweist. Die Mischung tritt entsprechend aus der Leitung an deren unterer Öffnung unmittelbar in die untere Reaktionszone des Reaktors 3 ein und strömt von unten nach oben durch den Depolymerisationsreaktor 3.

Der Abbau bzw. die Depolymerisation des Abfall-Polymers erfolgt auch hier bei erhöhter Temperatur. Die Erwärmung erfolgt dabei über eine innen- und außenliegende geeignete Heizung, beispielsweise 3B.

Die sich während der Depolymerisation im Reaktor abscheidenden Reststoffe werden am unteren Ende des Depolymerisationsreaktor 3 über eine Vorrichtung 3A zur Reststoffentleerung abgeführt. Dies hat den Vorteil, dass bereits im Reaktor ungewünschte grobe Feststoffe aus der Monomer-Lösung abgetrennt werden.

Die gebildete Monomerflüssigkeit wird am oberen Ende des Depolymerisationsreaktors 3 abgeführt und wie für Figur 1 beschrieben weiterverarbeitet.

Die dritte Ausführungsform der Figur 3 unterscheidet sich von der zweiten Ausführungsform der Figur 2 lediglich in der Art der Zuführung der Mischung aus Abfall-Polymer und Reaktant oder Lösungsmittel in den Depolymerisationsreaktor 3.

Hier wird die Mischung aus Abfall-Polymer und Reaktant oder Lösungsmittel aus dem Anmischbehälter 2A direkt am unteren Ende des Reaktors 3 von außen zugeführt. Die Zuführleitung ist entsprechend vollständig außerhalb entlang der Reaktorlänge angeordnet. Auch hier weist der Depolymerisationsreaktor 3 kein Rührwerk auf und die Mischung durchströmt den Reaktor von unten nach oben.

Die gebildete Monomerflüssigkeit wird am oberen Ende des Reaktors 3 abgeführt und wie für Figur 1 beschrieben weiterverarbeitet.

In Fig. 4 ist eine weitere Ausführungsform einer Vorrichtung und eines Verfahrens dargestellt, bei der der Reaktor 3 nicht vertikal – wie in den Ausführungsformen der Fig. 1 bis 3 dargestellt – sondern horizontal ausgebildet. Grundsätzlich kann somit auf die Beschreibungen der obigen Ausführungsformen Bezug genommen werden.

Anders als die vertikalen Ausführungsformen ist bei der horizontalen Ausführung des Reaktors 3 eine Schnecke 12 als Misch- und / oder Fördereinrichtung vorgesehen. Die Schnecke 12 kann dabei konzentrisch, wie in Fig. 4 dargestellt angeordnet sein, oder exzentrisch.

Bezugszeichenliste

1	Aufgabevorrichtung für Abfall-Polymer
2	Zuführvorrichtung
2A	Anmischbehälter
2B	Heizung für Anmischbehälter
3	Depolymerisations-Lösereaktor
3A	Reststoffentleerung
3B	Heizung für Depolymerisations-Lösereaktor
4	Speisepumpe
4A	Austragpumpe
5	Einrichtung zur Abtrennung von unlöslichen Teilen
6	Entfärbungsreaktor
7	Konzentration- / Eindickungsvorrichtung
8	Verfestigungsvorrichtung
9	Verpackungsvorrichtung
10	Polymerisationsvorrichtung
11	Lösungsmittelaufbereitung / Reaktatenaufbereitung
12	Schnecke

Patentansprüche

1. Kontinuierliches Verfahren zur Behandlung, insbesondere Depolymerisation und / oder Lösung eines insbesondere bezüglich der Partikelgröße und / oder Partikeldicke inhomogenen Polymergemisches unter Ausbildung einer im Wesentlichen aus einem Monomer bestehenden Monomerflüssigkeit

   umfassend die Schritte

   a) Einführen des inhomogenen Polymergemisches in mindestens einen vertikalen oder horizontalen Reaktor (3) mit mindestens einem Reaktoreinlass und mindestens einem Reaktorauslass, und / oder
   b) Vermischen des inhomogenen Polymergemisches mit mindestens einem Reaktant oder Lösungsmittel; und
   c) Einführen des mit dem Reaktant oder Lösungsmittel vermischten inhomogenen Polymergemisches in mindestens einen vertikalen oder horizontalen Reaktor (3) mit mindestens einem Reaktoreinlass und mindestens einem Reaktorauslass, und
   d) kontinuierliche Depolymerisation und / oder Lösung des inhomogenen Polymergemisches zu der Monomerflüssigkeit in dem mindestens einen vertikalen oder horizontalen Reaktor (3), wobei sich die Partikelgröße und / oder Partikeldicke des inhomogenen Polymergemisches entlang der Länge des Reaktors (3) von Reaktoreinlass zum Reaktorauslass insbesondere durch Depolymerisation kontinuierlich verringert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass Partikel mit geringer Partikelgröße und / oder geringer Partikeldicke des inhomogenen Polymergemisches nach Eintritt in den Reaktor sofort depolymerisiert und / oder gelöst werden und die gebildete Monomerflüssigkeit hin zum Reaktorauslass geführt und am Reaktorauslass aus dem Reaktor abgeführt wird, und wobei Partikel großer Partikelgröße und / oder Partikeldicke des inhomogenen Polymergemisches nach Eintritt in den Reaktor solange im Reaktor verweilen bis diese Partikel des Polymergemisches vollständig depolymerisiert und / oder gelöst sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das inhomogene Polymergemisch in mindestens einen vertikalen Reaktor (3) mit

mindestens zwei Reaktionszonen mit jeweils mindestens einer Mischeinrichtung und / oder Fördereinrichtung eingeführt wird, wobei das inhomogene Polymergemisch den vertikalen Reaktor (3) von oben nach unten durchströmt.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das inhomogene Polymergemisch in mindestens einen vertikalen Reaktor (3) eingeführt wird, wobei das Polymer den vertikalen Reaktor (3) von unten nach oben durchströmt.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das inhomogene Polymergemisch in mindestens einen vertikalen Reaktor (3) eingeführt wird, wobei das Polymer den vertikalen Reaktor (3) mit jeweils mindestens einer Mischeinrichtung und / oder Fördereinrichtung von unten nach oben durchströmt.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das inhomogene Polymergemisch in mindestens einen horizontalen Reaktor (3), der eine Misch- und / oder Fördereinrichtung, insbesondere eine Förderschnecke aufweist, eingeführt wird, wobei das inhomogene Polymergemisch in den horizontalen Reaktor (3) mit oder entgegen der Strömungsrichtung arbeitenden Fördereinrichtung eingeleitet wird und die Monomerflüssigkeit am Reaktorende abgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das inhomogene Polymergemisch Polymerpartikel mit einer Größe, insbesondere mittleren Größe in einem Bereich zwischen 30 mm und 1 mm, bevorzugt zwischen 15 mm und 3 mm aufweist oder Polymerpartikel mit einer Größe, insbesondere mittleren Partikelgröße zwischen 5 µm und 1 mm, insbesondere zwischen 10 µm und 0,5 mm aufweist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Reaktant oder Lösungsmittel ein organischer Stoff, insbesondere ein organisches Lösungsmittel, ganz insbesondere ein Diol wie Ethylenglykol, oder eine wässrige Lösung, insbesondere eine saure wässrige Lösung verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das inhomogene Polymergemisch ein Abfall-Polymergemisch, insbesondere aus Polyester und / oder Polyamiden, aus Industrie- und / oder Verbraucherabfällen ist.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Depolymerisation und / oder Lösung des inhomogenen Polymergemisches in dem Reaktor (3) bei Temperaturen zwischen 50 °C bis 350 °C, insbesondere zwischen 180 °C und 240 °C, und Drücken zwischen 0,5 bar und 10 bar absolut, insbesondere zwischen 0,8 bar und 6 bar absolut durchgeführt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Monomerflüssigkeit in mindestens einer Entfärbungsstufe, insbesondere in einem Entfärbungsreaktor (6), entfärbt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Entfärbung im Entfärbungsreaktor (6) unter Verwendung von mindestens einem Additiv/ Entfärbungsmittel durchgeführt wird, wobei das Additiv/Entfärbungsmittel als stationäre Phase vorliegt.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Reaktant oder Lösungsmittel von der Monomerflüssigkeit in einer Trennvorrichtung (7), insbesondere in einer Vorrichtung zum Eindicken und / oder Konzentrieren, teilweise oder vollständig abgetrennt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die den Entfärbungsreaktor (6) verlassene entfärbte Monomerflüssigkeit in einer Trennvorrichtung (7), insbesondere in einer Vorrichtung zum Eindicken und / oder Konzentrieren, durch Abtrennen des Reaktants oder des Lösungsmittels aufkonzentriert wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Monomerflüssigkeit in mindestens einer Verfestigungsvorrichtung (8) verfestigt wird.

16. Vorrichtung zur Durchführung eines kontinuierlichen Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Reaktor (3) entweder horizontal oder vertikal angeordnet ist und mindestens einer Reaktionszone aufweist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reaktor (3) mindestens eine Misch- und / oder eine Fördereinrichtung aufweist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Rektionszone eine Schnecke (12) aufweist oder durch eine Schnecke (12) gebildet wird.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Schnecke (12) mit Löchern versehen ist

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Größe der Löcher in Richtung Einlassende des Reaktors (3) zunimmt.

21. Vorrichtung nach Anspruch 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Reaktor (3) horizontal angeordnet ist, einen runden Querschnitt hat und die Schnecke (12) exzentrisch des Reaktors (3) angeordnet ist.

22. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung eine Einrichtung (5) zum Abtrennen von unlöslichen Substanzen aufweist.

23. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 16 bis 22, gekennzeichnet durch mindestens einen nachgeschalteten Entfärbungsreaktor (6) zum Entfärben der Monomerflüssigkeit.

24. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 16 bis 23, gekennzeichnet durch eine nachgeschaltete Verfestigungsvorrichtung (8) der entfärbten Monomerflüssigkeit.

25. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 16 bis 24, gekennzeichnet durch mindestens eine Trennvorrichtung (7), insbesondere zum Eindicken und / oder Konzentrieren, zum zumindest teilweisen Entfernen des Reaktanten oder Lösungsmittel aus der Monomerflüssigkeit.

26. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 16 bis 25, gekennzeichnet durch mindestens eine Vorrichtung (11) zur Aufbereitung des zumindest teilweise in der Trennvorrichtung (7) und / oder dem Reaktor (3), insbesondere dem Dempolymerisationsreaktor entfernten Reaktanten oder Lösungsmittels.

FIG 1

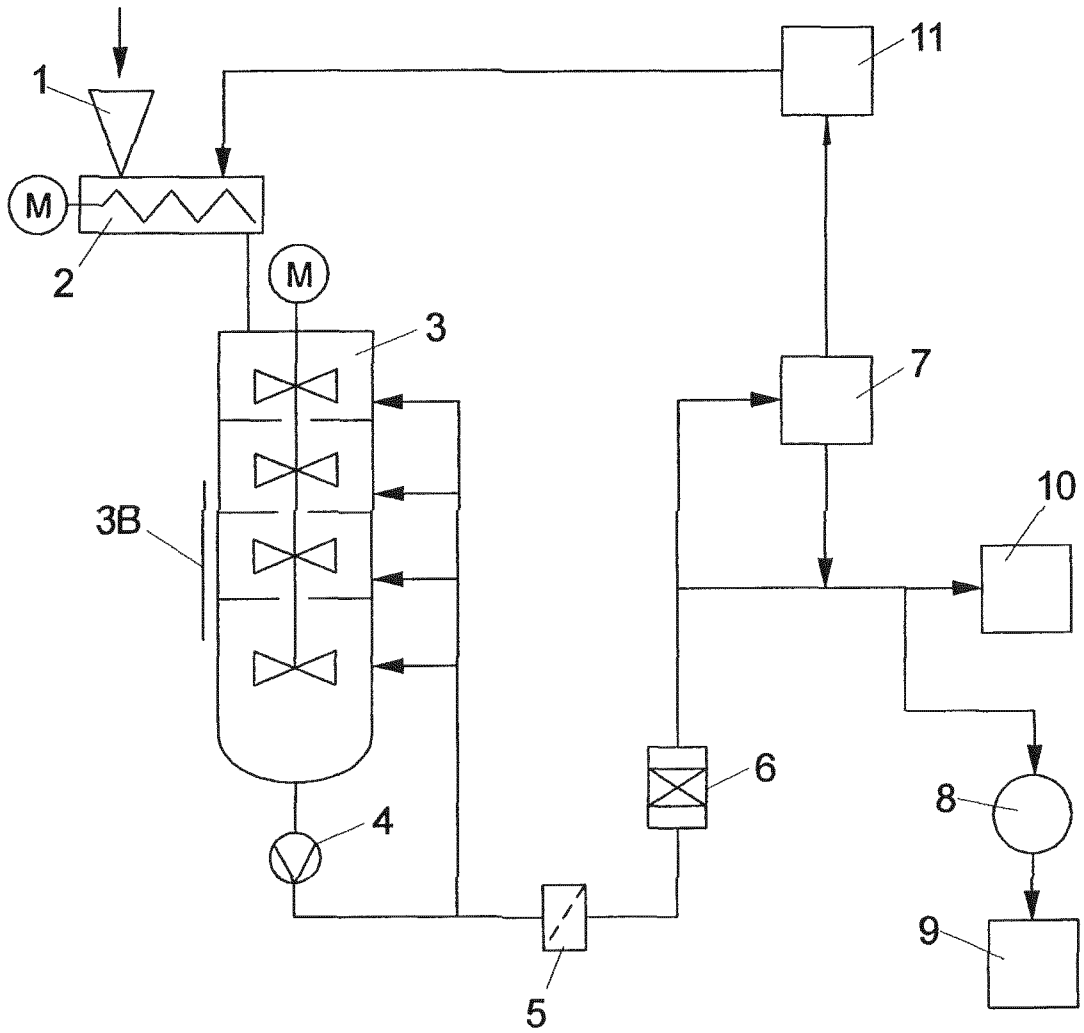


FIG 2

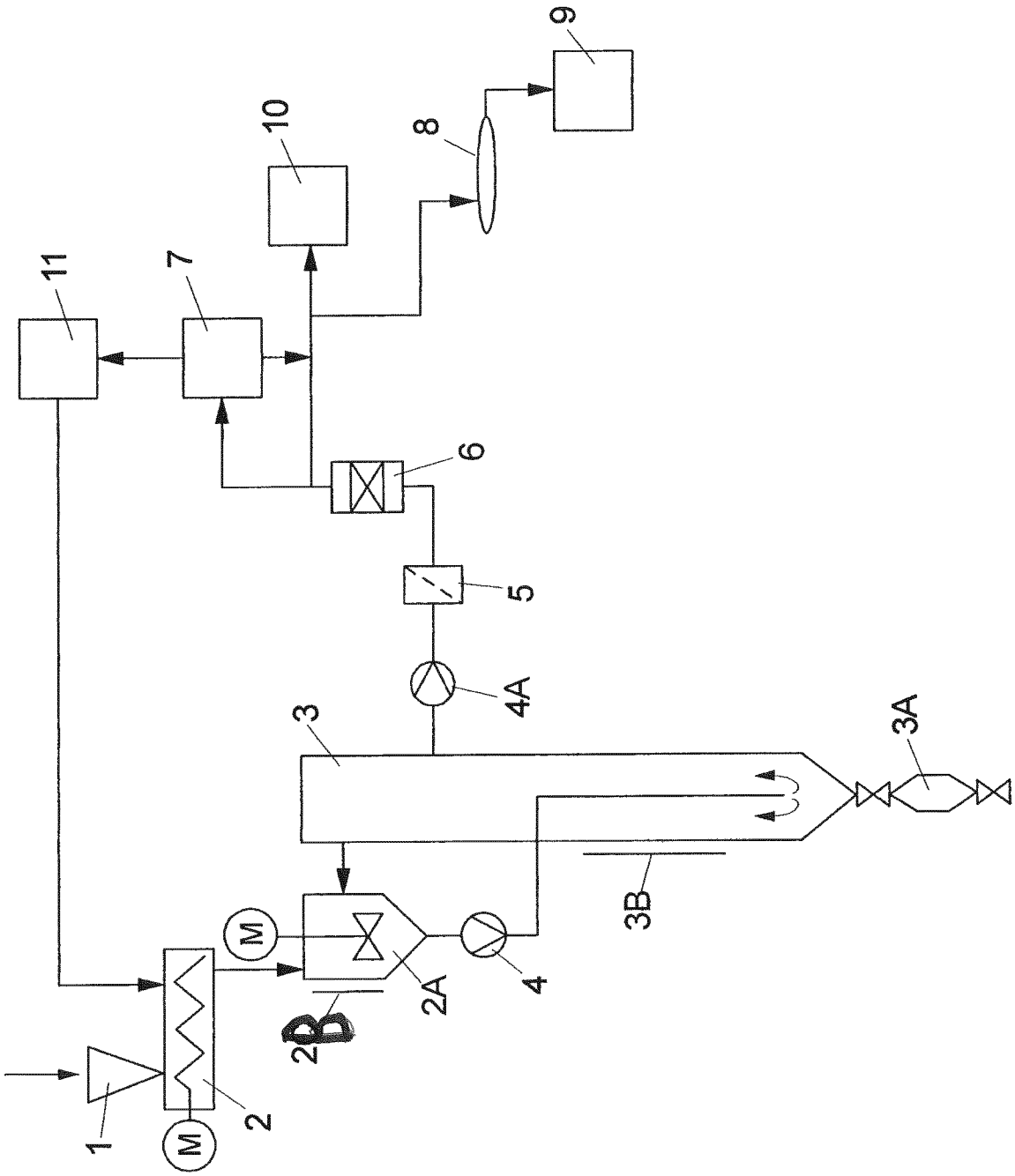


FIG 3

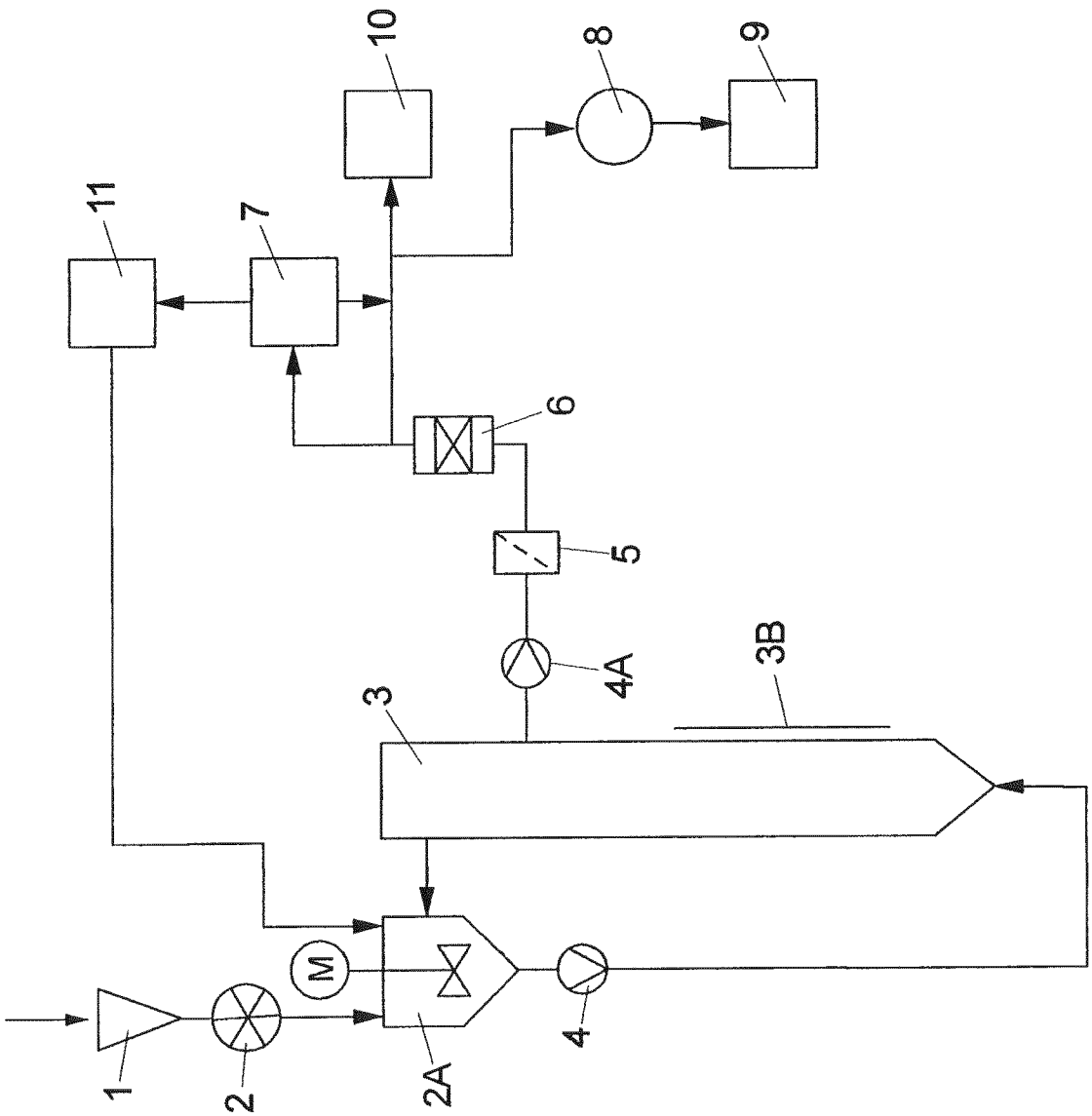
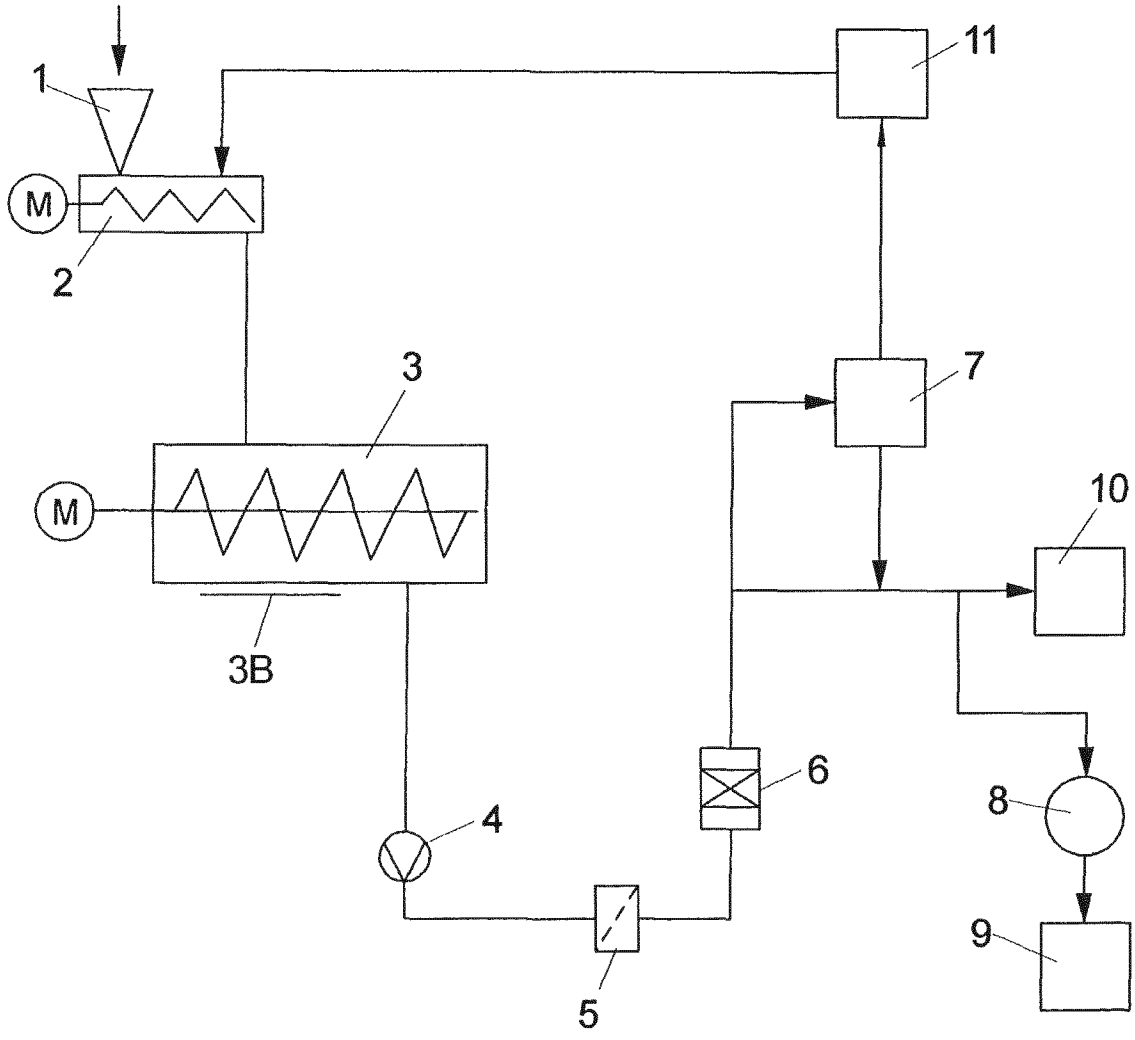


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/073430

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C08J11/10
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)
C08J C07C C07D

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2007/063462 A1 (SOUTH AFRICAN NUCLEAR ENERGY [ZA]; VAN DER WALT IZAK JACOBUS [ZA]; GRU) 7 June 2007 (2007-06-07) claims 1,3,13 figure -----	1-26
X	EP 1 631 538 A1 (ROEHM GMBH [DE]) 8 March 2006 (2006-03-08) claim 1 figure 1 page 8, line 5 - page 9, line 16 -----	1-26
X	WO 00/47659 A1 (EASTMAN CHEM CO [US]) 17 August 2000 (2000-08-17) claim 1 example 1 page 7, line 19 - page 8, line 17 ----- -/--	1-26

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 February 2014	24/02/2014

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Schlicke, Benedikt

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/073430

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005/096482 A1 (TAMADA RYOZO [JP] ET AL) 5 May 2005 (2005-05-05) claim 1 paragraphs [0111] - [0116] figure 1 -----	1-26
X	EP 0 522 235 A1 (BASF CORP [US]) 13 January 1993 (1993-01-13) claims 1,7,8 figures -----	1-26
X	US 5 432 203 A (DEBRUIN BRUCE R [US] ET AL) 11 July 1995 (1995-07-11) claim 1 figure 1 -----	1-26

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2013/073430

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2007063462 A1	07-06-2007	AT 427975 T	15-04-2009
		AU 2006321245 A1	07-06-2007
		BR PI0620524 A2	16-11-2011
		CA 2632046 A1	07-06-2007
		CN 101341202 A	07-01-2009
		EP 1966291 A1	10-09-2008
		ES 2325602 T3	09-09-2009
		JP 5185132 B2	17-04-2013
		JP 2009517454 A	30-04-2009
		KR 20090015883 A	12-02-2009
		US 2009149679 A1	11-06-2009
		WO 2007063462 A1	07-06-2007
		ZA 200804452 A	28-10-2009
EP 1631538 A1	08-03-2006	BR PI0411093 A	18-07-2006
		CA 2527969 A1	09-12-2004
		CN 1812957 A	02-08-2006
		DE 10325251 A1	24-03-2005
		EP 1631538 A1	08-03-2006
		JP 2006526582 A	24-11-2006
		KR 20060021342 A	07-03-2006
		MX PA05013109 A	17-03-2006
		RU 2355675 C2	20-05-2009
		WO 2004106277 A1	09-12-2004
		ZA 200509808 A	30-08-2006
WO 0047659 A1	17-08-2000	AT 223456 T	15-09-2002
		BR 0008127 A	06-11-2001
		CA 2359727 A1	17-08-2000
		CN 1340077 A	13-03-2002
		DE 60000414 D1	10-10-2002
		DE 60000414 T2	07-08-2003
		EP 1153070 A1	14-11-2001
		ES 2179021 T3	16-01-2003
		JP 4531988 B2	25-08-2010
		JP 2002536519 A	29-10-2002
		US 6410607 B1	25-06-2002
		WO 0047659 A1	17-08-2000
US 2005096482 A1	05-05-2005	CN 1617904 A	18-05-2005
		US 2005096482 A1	05-05-2005
		WO 03064510 A1	07-08-2003
EP 0522235 A1	13-01-1993	CA 2064658 A1	25-12-1992
		DE 522235 T1	09-06-1993
		DE 69230960 D1	31-05-2000
		DE 69230960 T2	17-08-2000
		EP 0522235 A1	13-01-1993
		JP H05117441 A	14-05-1993
		US 5169870 A	08-12-1992
US 5432203 A	11-07-1995	DE 69515612 D1	20-04-2000
		DE 69515612 T2	21-09-2000
		EP 0717030 A1	19-06-1996
		JP 3759773 B2	29-03-2006
		JP H08225496 A	03-09-1996
		US 5432203 A	11-07-1995

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/073430

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. C08J11/10
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
C08J C07C C07D

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

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2007/063462 A1 (SOUTH AFRICAN NUCLEAR ENERGY [ZA]; VAN DER WALT IZAK JACOBUS [ZA]; GRU) 7. Juni 2007 (2007-06-07) Ansprüche 1,3,13 Abbildung -----	1-26
X	EP 1 631 538 A1 (ROEHM GMBH [DE]) 8. März 2006 (2006-03-08) Anspruch 1 Abbildung 1 Seite 8, Zeile 5 - Seite 9, Zeile 16 -----	1-26
X	WO 00/47659 A1 (EASTMAN CHEM CO [US]) 17. August 2000 (2000-08-17) Anspruch 1 Beispiel 1 Seite 7, Zeile 19 - Seite 8, Zeile 17 ----- -/--	1-26

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
17. Februar 2014	24/02/2014

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Schlicke, Benedikt

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2005/096482 A1 (TAMADA RYOZO [JP] ET AL) 5. Mai 2005 (2005-05-05) Anspruch 1 Absätze [0111] - [0116] Abbildung 1	1-26
X	EP 0 522 235 A1 (BASF CORP [US]) 13. Januar 1993 (1993-01-13) Ansprüche 1,7,8 Abbildungen	1-26
X	US 5 432 203 A (DEBRUIN BRUCE R [US] ET AL) 11. Juli 1995 (1995-07-11) Anspruch 1 Abbildung 1	1-26

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/073430

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2007063462 A1	07-06-2007	AT 427975 T	15-04-2009
		AU 2006321245 A1	07-06-2007
		BR PI0620524 A2	16-11-2011
		CA 2632046 A1	07-06-2007
		CN 101341202 A	07-01-2009
		EP 1966291 A1	10-09-2008
		ES 2325602 T3	09-09-2009
		JP 5185132 B2	17-04-2013
		JP 2009517454 A	30-04-2009
		KR 20090015883 A	12-02-2009
		US 2009149679 A1	11-06-2009
		WO 2007063462 A1	07-06-2007
		ZA 200804452 A	28-10-2009
EP 1631538 A1	08-03-2006	BR PI0411093 A	18-07-2006
		CA 2527969 A1	09-12-2004
		CN 1812957 A	02-08-2006
		DE 10325251 A1	24-03-2005
		EP 1631538 A1	08-03-2006
		JP 2006526582 A	24-11-2006
		KR 20060021342 A	07-03-2006
		MX PA05013109 A	17-03-2006
		RU 2355675 C2	20-05-2009
		WO 2004106277 A1	09-12-2004
		ZA 200509808 A	30-08-2006
WO 0047659 A1	17-08-2000	AT 223456 T	15-09-2002
		BR 0008127 A	06-11-2001
		CA 2359727 A1	17-08-2000
		CN 1340077 A	13-03-2002
		DE 60000414 D1	10-10-2002
		DE 60000414 T2	07-08-2003
		EP 1153070 A1	14-11-2001
		ES 2179021 T3	16-01-2003
		JP 4531988 B2	25-08-2010
		JP 2002536519 A	29-10-2002
		US 6410607 B1	25-06-2002
		WO 0047659 A1	17-08-2000
US 2005096482 A1	05-05-2005	CN 1617904 A	18-05-2005
		US 2005096482 A1	05-05-2005
		WO 03064510 A1	07-08-2003
EP 0522235 A1	13-01-1993	CA 2064658 A1	25-12-1992
		DE 522235 T1	09-06-1993
		DE 69230960 D1	31-05-2000
		DE 69230960 T2	17-08-2000
		EP 0522235 A1	13-01-1993
		JP H05117441 A	14-05-1993
		US 5169870 A	08-12-1992
US 5432203 A	11-07-1995	DE 69515612 D1	20-04-2000
		DE 69515612 T2	21-09-2000
		EP 0717030 A1	19-06-1996
		JP 3759773 B2	29-03-2006
		JP H08225496 A	03-09-1996
		US 5432203 A	11-07-1995