

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Anmeldenummer: GM 50068/2022 (51) Int. Cl.: C08J 11/08 (2006.01)
 (22) Anmeldetag: 20.11.2018
 (24) Beginn der Schutzdauer: 15.10.2024
 (45) Veröffentlicht am: 15.10.2024

(60) Abzweigung aus EP 18878020.9	(73) Gebrauchsmusterinhaber: Polystyvert Inc. Anjou, Québec H1J 2X9 (CA)
(30) Priorität: 20.11.2017 US 62/588,805 beansprucht.	(72) Erfinder: COTE Roland H1J 2X9 Montreal, Québec (CA)
(56) Entgegenhaltungen: US 3043785 A WO 2016049782 A1 DE 4319180 A1	(74) Vertreter: Israiloff Peter Dipl.-Ing. Dr. techn. 1010 Wien (AT) Barger Werner Dipl.-Ing. 1010 Wien (AT)

(54) **VORGÄNGE ZUM RECYCLING VON POLYSTYROLABFÄLLEN**

(57) Es werden Vorgänge zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen bereitgestellt. Die Vorgänge können das Auflösen des Polystyrolabfalls in Ethylbenzol unter Bedingungen zum Erhalten einer Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung, Hinzufügen der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu einem zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von gefälltem Polystyrol und Waschen des gefällten Polystyrols mit zusätzlichen Teilen von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von zweimal gewaschenem Polystyrol umfassen. Das zweimal gewaschene Polystyrol kann gegebenenfalls getrocknet und zu Polystyrol-Pellets geformt werden. Es wird auch wiederverwertetes Polystyrol bereitgestellt, das aus solchen Vorgängen zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen erhalten wird.

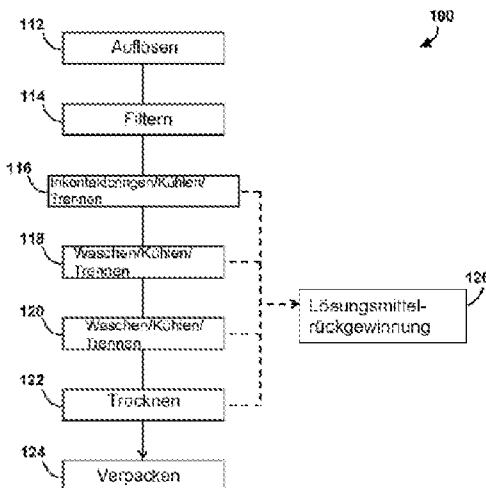


FIG. 2

Beschreibung

VORGÄNGE ZUM RECYCLING VON POLYSTYROLABFÄLLEN

QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNGEN

[0001] Die vorliegende Anmeldung beansprucht Prioritätsvorrecht gegenüber der gleichzeitig anhängigen, vorläufigen US-Anmeldung Nr. 62/588,805, eingereicht am 20. November 2017.

GEBIET DER TECHNIK

[0002] Die vorliegende Offenbarung betrifft einen Vorgang zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen. Beispielsweise betrifft sie einen Vorgang zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen, umfassend das Auflösen des Polystyrolabfalls in einem Lösungsmittel wie Ethylbenzol, dann Ausfällen und Waschen des Polystyrols mit einem Nichtlösungsmittel.

STAND DER TECHNIK

[0003] Polystyrolabfälle, beispielsweise Verpackungen von elektronischen Produkten oder Möbeln, Lebensmittelschalen, Handelsprodukten und Isolierungen, können beispielsweise Umweltfolgen haben.

[0004] Beispielsweise wird der Großteil der Polystyrolabfälle, gleich ob Post-Consumer oder postindustriell, in Deponien vergraben. Beispielsweise werden in Quebec jedes Jahr mehr als 40.000 Tonnen Polystyrolabfälle vergraben. Darüber hinaus werden in Quebec jedes Jahr mehr als 60.000 Tonnen neues Polystyrol gekauft und verbraucht.

[0005] Bekannte Verfahren zum Wiederverwerten von Polystyrol erzeugen kein wiederverwertetes Polystyrol mit den gleichen Eigenschaften wie neues Polystyrol. Beispielsweise stellen bekannte Polystyrolverfahren kein wiederverwertetes Polystyrol mit einem Schmelzindex (melt flow index, MFI) her, der die technischen Spezifikationen für die Verwendung des wiederverwerteten Polystyrols für die gleichen Verwendungen erfüllt, für die neues Polystyrol verwendet wird. Um diesen Verlust an mechanischen Eigenschaften auszugleichen, wird das wiederverwertete Polystyrol mit neuem Polystyrol in einem Anteil vermischt, der selbst bei weniger strikten Anwendungen selten 20 % überschreiten kann.

[0006] Die meisten industriellen Polystyrolobjekte bestehen nicht nur aus Polystyrol; beispielsweise können sie Chemikalien enthalten, die einem Polymer zugesetzt werden, um einige physikalische, biologische und/oder chemische Eigenschaften zu modifizieren. Beispiele für Additive sind: Farbstoffe, Füllstoffe, Flammschutzmittel, Schmiermittel und Weichmacher.

[0007] Es wäre daher wünschenswert, ein wiederverwertetes Polystyrol und einen Vorgang zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen bereitzustellen, die eines der genannten Probleme zu mindest teilweise lösen würden oder eine Alternative zu den bekannten Verfahren zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen darstellen würden.

KURZDARSTELLUNG DER OFFENBARUNG

[0008] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung wird ein Vorgang zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen bereitgestellt, umfassend:

Auflösen des Polystyrolabfalls in Ethylbenzol unter Bedingungen, um eine Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu erhalten;

Hinzufügen der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu einem ersten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von gefälltem Polystyrol und einem ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;

Trennen des gefällten Polystyrols vom ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;

gegebenenfalls Wiederholen des Auflösens, Hinzufügens und Trennens;

Waschen des gefällten Polystyrols mit einem zweiten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von gewaschenem Polystyrol und einem zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;

Trennen des gewaschenen Polystyrols vom zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;

Waschen des gewaschenen Polystyrols mit einem dritten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von zweimal gewaschenem Polystyrol und einem dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;

Trennen des zweimal gewaschenen Polystyrols vom dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung; und

gegebenenfalls Trocknen des zweimal gewaschenen Polystyrols unter Bedingungen, um getrocknetes Polystyrol zu erhalten.

[0009] Daher wird gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Offenbarung ein Vorgang zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen bereitgestellt, umfassend:

Auflösen des Polystyrolabfalls in Ethylbenzol unter Bedingungen, um eine Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu erhalten;

Inkontaktbringen der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung mit einem ersten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von gefälltem Polystyrol und einem ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;

Trennen des gefällten Polystyrols vom ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;

gegebenenfalls Wiederholen des Auflösens, Hinzufügens und Trennens;

Waschen des gefällten Polystyrols mit einem zweiten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von gewaschenem Polystyrol und einem zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;

Trennen des gewaschenen Polystyrols vom zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;

Waschen des gewaschenen Polystyrols mit einem dritten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von zweimal gewaschenem Polystyrol und einem dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;

Trennen des zweimal gewaschenen Polystyrols vom dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung; und

gegebenenfalls Trocknen des zweimal gewaschenen Polystyrols unter Bedingungen, um getrocknetes Polystyrol zu erhalten.

[0010] Daher wird gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Offenbarung ein Vorgang zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen bereitgestellt, umfassend:

Auflösen des Polystyrolabfalls in Ethylbenzol unter Bedingungen, um eine Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu erhalten;

Hinzufügen der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu einem ersten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von gefälltem Polystyrol und einem ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;

Trennen des gefällten Polystyrols vom ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;

gegebenenfalls Wiederholen des Auflösens, Hinzufügens und Trennens;

Waschen des gefällten Polystyrols mit einem zweiten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von gewaschenem Polystyrol und einem zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;

Trennen des gewaschenen Polystyrols vom zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösungen;

Waschen des gewaschenen Polystyrols mit einem dritten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von zweimal gewaschenem Polystyrol und einem dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösungen;

Trennen des zweimal gewaschenen Polystyrols vom dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösungen;

Entfernen von überschüssiger Kohlenwasserstoffabfalllösung durch Auswringen und/oder Komprimieren des zweimal gewaschenen Polystyrols; und

Trocknen des zweimal gewaschenen Polystyrols unter Bedingungen, um getrocknetes Polystyrol zu erhalten.

[0011] Daher wird gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Offenbarung ein Vorgang zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen bereitgestellt, umfassend:

Auflösen des Polystyrolabfalls in Ethylbenzol unter Bedingungen, um eine Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu erhalten;

Inkontaktbringen der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung mit einem ersten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von gefälltem Polystyrol und einem ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösungen;

Trennen des gefällten Polystyrols vom ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösungen;

gegebenenfalls Wiederholen des Auflösens, Hinzufügens und Trennens;

Waschen des gefällten Polystyrols mit einem zweiten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von gewaschenem Polystyrol und einem zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösungen;

Trennen des gewaschenen Polystyrols vom zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösungen;

Waschen des gewaschenen Polystyrols mit einem dritten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von zweimal gewaschenem Polystyrol und einem dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösungen;

Trennen des zweimal gewaschenen Polystyrols vom dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösungen;

Entfernen von überschüssiger Kohlenwasserstoffabfalllösung durch Auswringen und/oder Komprimieren des zweimal gewaschenen Polystyrols; und

Trocknen des zweimal gewaschenen Polystyrols unter Bedingungen, um getrocknetes Polystyrol zu erhalten.

[0012] Daher wird gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Offenbarung ein Vorgang zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen bereitgestellt, umfassend:

Auflösen des Polystyrolabfalls in Ethylbenzol unter Bedingungen, um eine Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu erhalten;

Hinzufügen der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu einem ersten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von gefälltem Polystyrol und einem ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösungen;

Kühlen des gefällten Polystyrols und des ersten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösungen;

Trennen des gefällten Polystyrols vom ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösungen;

gegebenenfalls Wiederholen des Auflösens, Hinzufügens, Kühlens und Trennens;

Waschen des gefällten Polystyrols mit einem zweiten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von gewaschenem

Polystyrol und einem zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;
Kühlen des gewaschenen Polystyrols und des zweiten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung;
Trennen des gewaschenen Polystyrols vom zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;
Waschen des gewaschenen Polystyrols mit einem dritten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von zweimal gewaschenem Polystyrol und einem dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;
gegebenenfalls Kühlen des zweimal gewaschenen Polystyrols und des dritten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung;
Trennen des zweimal gewaschenen Polystyrols vom dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung; und
gegebenenfalls Trocknen des zweimal gewaschenen Polystyrols unter Bedingungen, um getrocknetes Polystyrol zu erhalten.

[0013] Daher wird gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Offenbarung ein Vorgang zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen bereitgestellt, umfassend:

Auflösen des Polystyrolabfalls in Ethylbenzol unter Bedingungen, um eine Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu erhalten;
Inkontaktbringen der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung mit einem ersten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von gefälltem Polystyrol und einem ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;
Kühlen des gefällten Polystyrols und des ersten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung;
Trennen des gefällten Polystyrols vom ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;
gegebenenfalls Wiederholen des Auflösens, Hinzufügens, Kühls und Trennens;
Waschen des gefällten Polystyrols mit einem zweiten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von gewaschenem Polystyrol und einem zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;
Kühlen des gewaschenen Polystyrols und des zweiten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung;
Trennen des gewaschenen Polystyrols vom zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;
Waschen des gewaschenen Polystyrols mit einem dritten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von zweimal gewaschenem Polystyrol und einem dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung;
gegebenenfalls Kühlen des zweimal gewaschenen Polystyrols und des dritten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung;
Trennen des zweimal gewaschenen Polystyrols vom dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung; und
gegebenenfalls Trocknen des zweimal gewaschenen Polystyrols unter Bedingungen, um getrocknetes Polystyrol zu erhalten.

[0014] Die vorliegende Offenbarung beinhaltet auch wiederverwertetes Polystyrol, das gemäß einem Vorgang zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen der vorliegenden Offenbarung hergestellt wurde.

[0015] Polystyrolabfälle wie geschäumte Polystyrolabfälle sind typischerweise sperrig, aber leicht, wohingegen die Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung typischerweise eine höhere Dichte aufweist, weshalb deren Transport womöglich weniger kostet. Dementsprechend können die Vorgänge der vorliegenden Offenbarung beispielsweise Transportkosten einsparen, wenn beispielsweise die Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung an einem ersten Ort erhalten wird und der Vorgang ferner das Transportieren der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu einem zweiten Ort umfasst, an

dem nachfolgende Schritte im Vorgang ausgeführt werden.

[0016] Der Vorgang zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen der vorliegenden Offenbarung kann beispielsweise die Entfernung der meisten Additive ermöglichen (zum Beispiel von Chemikalien, die einem Polymer zugesetzt werden, um einige physikalische, biologische und/oder chemische Eigenschaften zu modifizieren) und kann wiederverwertetes Polystyrol mit Eigenschaften erzeugen, die sehr nahe an denen von neuem Polystyrol liegen. Das aus den Vorgängen der vorliegenden Offenbarung hergestellte wiederverwertete Polystyrol kann beispielsweise zur Verwendung für die gleichen Verwendungen wie neues Polystyrol geeignet sein, wie z. B. zur Herstellung neuer Polystyrolerzeugnisse. Beispielsweise kann das aus den Vorgängen der vorliegenden Offenbarung hergestellte wiederverwertete Polystyrol beispielsweise einen MFI innerhalb eines für solche Verwendungen nützlichen Bereichs aufweisen.

[0017] Es wurde gefunden, dass die wiederverwerteten Polystyrole der vorliegenden Offenbarung und die Vorgänge zu deren Erhalt recht nützlich waren. Tatsächlich wurde festgestellt, dass solche wiederverwerteten Polymere und Vorgänge die Bereitstellung von wiederverwertetem Polystyrol mit einem sehr geringen Gehalt an Additiven (Füllstoffen und/oder Schmiermitteln) ermöglichen. Dies führt auch zu wiederverwertetem Polystyrol mit einem sehr geringen Aschegehalt. Wenn diese Vorgänge beispielsweise auf weißes, geschäumtes oder extrudiertes Polystyrol angewendet werden, ist das Endprodukt sehr klar und für Lichtdurchlässigkeit transparent. Solche Merkmale der Polymere und der Vorgänge der vorliegenden Offenbarung sind sehr interessant, da sie eine signifikante Verlängerung des Lebenszyklus von wiederverwertetem Polystyrol ermöglichen. Tatsächlich ist die Verwendung von wiederverwertetem Polystyrol angesichts der verschiedenen, darin enthaltenen Additive häufig eingeschränkt und erfüllt daher nicht die Anforderungen für bestimmte Verwendungen oder Anwendungen, die mit Polystyrol gemacht werden können. Einige Hersteller zögern auch, wiederverwertetes Polystyrol zu verwenden, da es einen zu hohen Gehalt an Additiven aufweisen kann und die Eigenschaften des Polystyrols oder der mit diesem wiederverwerteten Polystyrol hergestellten Produkte beeinträchtigen oder verringern kann. Dies ist bei den in der vorliegenden Offenbarung erwähnten Polymeren und Vorgängen eindeutig nicht der Fall. Im Gegenteil, solche sehr geringen Mengen an Additiven und/oder Füllstoffen, die in den Polymeren der vorliegenden Offenbarung gefunden werden, ermöglichen es, diese wiederverwerteten Polystyrole in vielen verschiedenen Anwendungen zu verwenden und sie auch sehr viele Male wiederzuverwerten, da sie so gut wie nie hohe Mengen an Additiven und/oder Füllstoffen erreichen, da der Benutzer solcher Produkte nicht verpflichtet ist, sie wiederzuverwerten und niedrige MFI-Werte zu erhalten.

[0018] Somit ermöglichen die Polymere und Vorgänge der vorliegenden Offenbarung, den Lebenszyklus von wiederverwertetem Polystyrol zu verlängern (es ist möglich, es viele Male wiederzuverwerten, während die erforderlichen Spezifikationen und Eigenschaften beibehalten werden), und sie haben auch einen sehr niedrigen MFI, während die Verwendung großer Mengen an Additiven und/oder Füllstoffen vermieden wird.

KURZE BESCHREIBUNG DER ABBILDUNGEN

[0019] In den folgenden Abbildungen, die nur beispielhaft verschiedene Ausführungsformen der Offenbarung darstellen,

ist Fig. 1 ein schematisches Diagramm eines Vorgangs gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung,

ist Fig. 2 ein schematisches Diagramm eines Vorgangs gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG VERSCHIEDENER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0020] Sofern nicht anders angegeben, sollen die in diesem und anderen Abschnitten beschriebenen Definitionen und Ausführungsformen auf alle hier beschriebenen Ausführungsformen und Aspekte der vorliegenden Offenbarung anwendbar sein, für die sie geeignet sind, wie es ein Fachmann verstehen würde.

[0021] Wie in der vorliegenden Offenbarung verwendet, schließen die Singularformen „ein“, „eine“ und „der, die, das“ Verweise auf den Plural ein, sofern der Inhalt nicht eindeutig etwas anderes vorschreibt. Beispielsweise sollte eine Ausführungsform, die „ein zu den Kohlenwasserstoffen gehörendes Nichtlösungsmittel für Polystyrol“ enthält, so verstanden werden, dass sie bestimmte Aspekte mit einem zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden Nichtlösungsmittel für Polystyrol oder zwei oder mehr zusätzliche, zu den Kohlenwasserstoffen gehörende Nichtlösungsmittel für Polystyrol darstellt. In Ausführungsformen, die eine „zusätzliche“ oder „zweite“ Komponente umfassen, wie beispielsweise ein zusätzliches oder zweites zu den Kohlenwasserstoffen gehörendes Nichtlösungsmittel für Polystyrol, unterscheidet sich die hier verwendete zweite Komponente von den anderen Komponenten oder der ersten Komponente. Eine „dritte“ Komponente unterscheidet sich von der anderen, ersten und zweiten Komponente, und weiter aufgezählte oder „zusätzliche“ Komponenten unterscheiden sich ebenso.

[0022] Der Begriff „Additiv“, wie hier verwendet, bezieht sich auf Chemikalien, die einem Polymer zugesetzt werden, um mindestens eine physikalische, biologische und/oder chemische Eigenschaft zu modifizieren. Nicht einschränkende Beispiele für Additive sind: Farbstoffe, Füllstoffe, Flammenschutzmittel, Schmiermittel und Weichmacher.

[0023] Zum Verständnis des Umfangs der vorliegenden Offenbarung sollen der Begriff „umfassend“ und seine Ableitungen, wie hier verwendet, offene Begriffe sein, die das Vorhandensein der angegebenen Merkmale, Elemente, Komponenten, Gruppen, ganzen Zahlen und/oder Schritte spezifizieren, jedoch das Vorhandensein anderer, nicht angegebener Merkmale, Elemente, Komponenten, Gruppen, ganzer Zahlen und/oder Schritte nicht ausschließen. Das Vorstehende gilt auch für Wörter mit ähnlichen Bedeutungen wie die Begriffe „einschließlich“, „aufweisen“ und ihre Ableitungen. Der Begriff „bestehend“ und seine Ableitungen, wie hier verwendet, sollen geschlossene Begriffe sein, die das Vorhandensein der angegebenen Merkmale, Elemente, Komponenten, Gruppen, ganzen Zahlen und/oder Schritte spezifizieren, jedoch das Vorhandensein anderer, nicht angegebener Merkmale, Elemente, Komponenten, Gruppen, ganzer Zahlen und/oder Schritte ausschließen. Der Begriff „im Wesentlichen bestehend aus“, wie hier verwendet, soll das Vorhandensein der angegebenen Merkmale, Elemente, Komponenten, Gruppen, ganzen Zahlen und/oder Schritte sowie derjenigen spezifizieren, die die grundlegende(n) und neue(n) Eigenschaft(en) von Merkmalen, Elementen, Komponenten, Gruppen, ganzen Zahlen und/oder Schritten nicht wesentlich beeinflussen.

[0024] Gradbegriffe wie „etwa“ und „ungefähr“, wie hier verwendet, bedeuten ein angemessenes Maß von Abweichung des modifizierten Begriffs, derart, dass das Endergebnis nicht wesentlich geändert wird. Diese Gradbegriffe sollten so ausgelegt werden, dass sie eine Abweichung von mindestens $\pm 5\%$ oder mindestens $\pm 10\%$ des modifizierten Begriffs enthalten, wenn diese Abweichung die Bedeutung des modifizierten Wortes nicht negieren würde.

[0025] Der Begriff „zu den Kohlenwasserstoffen gehörendes Nichtlösungsmittel für Polystyrol“, wie hier verwendet, bezieht sich beispielsweise auf eine Verbindung auf Kohlenwasserstoffbasis oder eine Mischung davon, in der Polystyrol im Wesentlichen unlöslich ist. Die Auswahl eines geeigneten zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden Nichtlösungsmittels für Polystyrol für die Vorgänge der vorliegenden Offenbarung kann von einem Fachmann getroffen werden. Beispielsweise wird ein Fachmann erkennen, dass die meisten unpolaren Additive, die typischerweise in Polystyrolabfällen enthalten sind (z. B. Hexabromcyclododecan und Silikonöle), und Ethylbenzol im zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter den Bedingungen, die in den Vorgängen der vorliegenden Offenbarung verwendet werden, im Wesentlichen löslich sein sollten, um gefälltes Polystyrol sowie Schritte zu erhalten, die das Waschen mit dem zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden Nichtlösungsmittel für Polystyrol umfassen. Ein Fachmann wird auch erkennen, dass es beispielsweise nützlich sein kann, ein zu den Kohlenwasserstoffen gehörendes Nichtlösungsmittel für Polystyrol mit einem Siedepunkt auszuwählen, der um oder geringfügig über der Glasübergangstemperatur (T_g) des wiederverwerteten Polystyrolabfalls liegt.

[0026] Die nachstehend dargestellten Beispiele sind nicht einschränkend und werden verwendet,

um die Vorgänge der vorliegenden Offenbarung besser zu veranschaulichen.

[0027] Ein beispielhaftes Verfahrensflussdiagramm für einen Vorgang der vorliegenden Offenbarung ist in Fig. 1 gezeigt. Der beispielhafte Vorgang 10 ist ein Vorgang zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen. Bezugnehmend auf Fig. 1 kann in dem beispielhaften Vorgang 10 Polystyrolabfall in Ethylbenzol unter Bedingungen gelöst werden 12, um eine Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu erhalten. Wenn beispielsweise die Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung unlösliches Material umfasst, kann die Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung gegebenenfalls unter Bedingungen filtriert werden 14, um das unlösliche Material zu entfernen. Die Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung kann dann mit einem ersten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von gefälltem Polystyrol und einem ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung in Kontakt gebracht werden (z. B. hinzugefügt werden) 16. Das gefällte Polystyrol kann dann vom ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung abgetrennt werden. Das Auflösen, Hinzufügen, Kühlen und Trennen kann gegebenenfalls wiederholt werden. Dann kann das gefällte Polystyrol mit einem zweiten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von gewaschenem Polystyrol und einem zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung gewaschen werden 18. Das gewaschene Polystyrol kann dann vom zweiten Teil der Kohlenwasserstoffabfalllösung abgetrennt werden. Das gewaschene Polystyrol kann dann mit einem dritten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von zweimal gewaschenem Polystyrol und einem dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung gewaschen werden 20. Das zweimal gewaschene Polystyrol kann dann vom dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung abgetrennt werden. Überschüssige Kohlenwasserstoffabfalllösung kann dann gegebenenfalls durch Ausringen und/oder Komprimieren des zweimal gewaschenen Polystyrols entfernt werden. Das zweimal gewaschene Polystyrol kann dann gegebenenfalls unter Bedingungen zum Erhalten von getrocknetem Polystyrol getrocknet werden 22. Das getrocknete Polystyrol kann dann gegebenenfalls verpackt werden 24, beispielsweise kann der Vorgang ferner das Verarbeiten des getrockneten Polystyrols unter Bedingungen zum Erhalten von Polystyrol-Pellets umfassen, und die Polystyrol-Pellets können verpackt werden 24. Das Ethylbenzol und/oder das zu den Kohlenwasserstoffen gehörende Nichtlösungsmittel für Polystyrol können gegebenenfalls zurückgewonnen werden 26, beispielsweise durch einen Vorgang, der das Destillieren des ersten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung, des zweiten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung und/oder des dritten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung unter Bedingungen umfasst, um Ethylbenzol und/oder das zu den Kohlenwasserstoffen gehörende Nichtlösungsmittel für Polystyrol zu erhalten. Das Ethylbenzol kann gegebenenfalls zur Verwendung beim Auflösen 12 wiederverwertet werden. Das zu den Kohlenwasserstoffen gehörende Nichtlösungsmittel für Polystyrol kann gegebenenfalls zur Verwendung beim Inkontaktbringen (z. B. Hinzufügen) 16, dem ersten Waschen 18 und/oder dem zweiten Waschen 20 wiederverwertet werden.

[0028] In einigen Beispielen der vorliegenden Offenbarung kann der Vorgang vor dem Trennen des gefällten Polystyrols von dem ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung ferner das Kühlen des gefällten Polystyrols und des ersten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung umfassen.

[0029] In einigen Beispielen der vorliegenden Offenbarung kann der Vorgang vor dem Trennen des gewaschenen Polystyrols von dem zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung ferner das Kühlen des gewaschenen Polystyrols und des zweiten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung umfassen.

[0030] In einigen Beispielen der vorliegenden Offenbarung kann der Vorgang vor dem Trennen des zweimal gewaschenen Polystyrols von dem dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung ferner das Kühlen des zweimal gewaschenen Polystyrols und des dritten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung umfassen.

[0031] Ein beispielhaftes Verfahrensflussdiagramm für ein anderes Beispiel eines Vorgangs der vorliegenden Offenbarung ist in Fig. 2 gezeigt. Der beispielhafte Vorgang 100 ist ein Vorgang zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen. Bezugnehmend auf Fig. 2 kann in dem beispielhaf-

ten Vorgang 100 Polystyrolabfall in Ethylbenzol unter Bedingungen gelöst werden 112, um eine Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu erhalten. Wenn beispielsweise die Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung unlösliches Material umfasst, kann die Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung gegebenenfalls unter Bedingungen filtriert werden 114, um das unlösliche Material zu entfernen. Die Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung kann dann mit einem ersten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von gefälltem Polystyrol und einem ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung in Kontakt gebracht werden (z. B. hinzugefügt werden) 116. Bezugnehmend auf Fig. 2 kann der Vorgang vor dem Trennen ferner das Kühlen des gefällten Polystyrols und des ersten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung umfassen. Das gefällte Polystyrol kann dann vom ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung abgetrennt werden. Das Auflösen, Hinzufügen, Kühlen und Trennen kann gegebenenfalls wiederholt werden. Dann kann das gefällte Polystyrol mit einem zweiten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von gewaschenem Polystyrol und einem zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung gewaschen werden 118. Bezugnehmend auf Fig. 2 kann der Vorgang vor dem Trennen ferner das Kühlen des gewaschenen Polystyrols und des zweiten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung umfassen. Das gewaschene Polystyrol kann dann vom zweiten Teil der Kohlenwasserstoffabfalllösung abgetrennt werden. Das gewaschene Polystyrol kann dann mit einem dritten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol unter Bedingungen zum Erhalten von zweimal gewaschenem Polystyrol und einem dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung gewaschen werden 120. Bezugnehmend auf Fig. 2 kann das Verfahren vor dem Trennen gegebenenfalls ferner das Kühlen des zweimal gewaschenen Polystyrols und des dritten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung umfassen. Das zweimal gewaschene Polystyrol kann dann vom dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung abgetrennt werden. Überschüssige Kohlenwasserstoffabfalllösung kann dann gegebenenfalls durch Auswringen und/oder Komprimieren des zweimal gewaschenen Polystyrols entfernt werden. Das zweimal gewaschene Polystyrol kann dann gegebenenfalls unter Bedingungen zum Erhalten von getrocknetem Polystyrol getrocknet werden 122. Das getrocknete Polystyrol kann dann gegebenenfalls verpackt werden 124, beispielsweise kann der Vorgang ferner das Verarbeiten des getrockneten Polystyrols unter Bedingungen zum Erhalten von Polystyrol-Pellets umfassen, und die Polystyrol-Pellets können verpackt werden 124. Das Ethylbenzol und/oder das zu den Kohlenwasserstoffen gehörende Nichtlösungsmittel für Polystyrol können gegebenenfalls zurückgewonnen werden 126, beispielsweise durch einen Vorgang, der das Destillieren des ersten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung, des zweiten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung und/oder des dritten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung unter Bedingungen umfasst, um Ethylbenzol und/oder das zu den Kohlenwasserstoffen gehörende Nichtlösungsmittel für Polystyrol zu erhalten. Das Ethylbenzol kann gegebenenfalls zur Verwendung beim Auflösen 112 wiederverwertet werden. Das zu den Kohlenwasserstoffen gehörende Nichtlösungsmittel für Polystyrol kann gegebenenfalls zur Verwendung beim Inkontaktbringen (z. B. Hinzufügen) 116, dem ersten Waschen 118 und/oder dem zweiten Waschen 120 wiederverwertet werden.

Beispielsweise kann das Kühlen des gefällten Polystyrols und des ersten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung bei einer Temperatur und für eine Zeit durchgeführt werden, bis die Viskosität des gefällten Polystyrols zunimmt, um eine Trennung zu ermöglichen. Beispielsweise kann das Kühlen (des gefällten Polystyrols und des ersten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung) für eine Zeit von etwa 10 Minuten bis etwa 4 Stunden durchgeführt werden. Beispielsweise kann das Kühlen (des gefällten Polystyrols und des ersten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung) für eine Zeit von etwa 2 Stunden durchgeführt werden.

[0032] Beispielsweise kann das Kühlen des gewaschenen Polystyrols und des zweiten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung bei einer Temperatur und für eine Zeit durchgeführt werden, bis die Viskosität des gefällten Polystyrols zunimmt, um eine Trennung zu ermöglichen. Beispielsweise kann das Kühlen (des gewaschenen Polystyrols und des zweiten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung) für eine Zeit von etwa 5 Minuten bis etwa 1 Stunde durchgeführt werden. Beispielsweise kann das Kühlen (des gewaschenen Polystyrols und des zweiten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung) für eine Zeit von etwa 10 Minuten bis etwa 15 Minuten durchgeführt wer-

den.

[0033] Beispielsweise kann das Kühlen des zweimal gewaschenen Polystyrols und des dritten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung für eine Zeit von etwa 5 Minuten bis etwa 1 Stunde durchgeführt werden. Beispielsweise kann das Kühlen (des zweimal gewaschenen Polystyrols und des dritten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung) für eine Zeit von etwa 10 Minuten bis etwa 15 Minuten durchgeführt werden.

[0034] Das Kühlen kann mit jedem geeigneten Mittel durchgeführt werden, dessen Auswahl ohne Weiteres von einem Fachmann getroffen werden kann. Beispielsweise kann das Kühlen mittels eines Kühlsystems durchgeführt werden, das zirkulierendes kaltes Wasser umfasst. Beispielsweise kann das kalte Wasser zumindest im Wesentlichen bei einer Temperatur von etwa 5 °C bis etwa 10 °C gehalten werden.

[0035] Beispielsweise kann die Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung Polystyrol in einer Menge von etwa 33 Gew.-% oder weniger umfassen, bezogen auf das Gesamtgewicht der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung.

[0036] Beispielsweise kann die Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung Polystyrol in einer Menge von etwa 10 Gew.-% bis etwa 30 Gew.-% umfassen, bezogen auf das Gesamtgewicht der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung.

[0037] Beispielsweise kann die Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung Polystyrol in einer Menge von etwa 14 Gew.-% bis etwa 28 Gew.-% umfassen, bezogen auf das Gesamtgewicht der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung.

[0038] Beispielsweise kann die Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung Polystyrol in einer Menge von etwa 15 Gew.-% bis etwa 27 Gew.-% umfassen, bezogen auf das Gesamtgewicht der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung.

[0039] Beispielsweise kann die Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung Polystyrol in einer Menge von etwa 16 Gew.-% bis etwa 25 Gew.-% umfassen, bezogen auf das Gesamtgewicht der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung.

[0040] Beispielsweise kann der Polystyrolabfall in dem Ethylbenzol in einem Behälter mit einer das Ethylbenzol enthaltenden Kammer und mindestens einer Öffnung zur Kammer zum Hinzufügen des Polystyrolabfalls zum Ethylbenzol gelöst werden, und der Vorgang kann ferner das Hinzufügen des Polystyrolabfalls zu dem in der Kammer enthaltenen Ethylbenzol umfassen.

[0041] Beispielsweise kann der Behälter ferner eine Entlüftung umfassen.

[0042] Beispielsweise kann der Behälter ferner ein Mittel umfassen, um den Polystyrolabfall in das Ethylbenzol zu treiben.

[0043] Beispielsweise kann das Mittel zum Treiben des Polystyrolabfalls in das Ethylbenzol ein Metallgitter innerhalb des Behälters umfassen.

[0044] Beispielsweise kann der Behälter ferner ein Mittel umfassen, um anzuzeigen, wann die Kapazität der Kammer erreicht wurde.

[0045] Beispielsweise kann das Mittel zum Anzeigen, wann die Kapazität des Behälters erreicht wurde, eine Anzeigelampe sein.

[0046] Beispielsweise kann die Anzeigelampe an einen Schwimmerschalter in der Kammer angeschlossen werden.

[0047] Beispielsweise kann die Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung unlösliches Material umfassen und der Vorgang kann ferner das Filtrieren der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung unter Bedingungen umfassen, um das unlösliche Material vor der Zugabe der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu dem ersten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol zu entfernen. Beispielsweise kann das unlösliche Material aus einer Polystyrol/Butadien-Mischung, Copolymeren aus Styrolstaub, einem Aufkleber, Metall, Holz, Kunststoff, Verunreinigungen und Mischungen davon ausgewählt sein. Beispielsweise kann das unlösliche Material aus

Staub, Sand, Schmutz, Metall, Holz, Papier, Pigment, Protein, Aufklebern, in Ethylbenzol unlöslichen Polymeren und Mischungen davon ausgewählt sein. Beispielsweise können die in Ethylbenzol unlöslichen Polymere aus Polyethylen niedriger Dichte (LDPE), Polyethylen hoher Dichte (HDPE), Polypropylen (PP), Polyethylenterephthalat (PET) und Polyvinylchlorid (PVC) ausgewählt werden. Das Filtern kann jeden geeigneten Filter umfassen, dessen Auswahl von einem Fachmann getroffen werden kann. Beispielsweise kann das Filtern einen mehrstufigen Filtrationsprozess von grob bis fein umfassen. Beispielsweise kann die Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung durch einen Filter filtriert werden, der aus einem Metallgitterfilter, einem Polyolefinbeutelfilter, einem Polyesterbeutelfilter, einem Gewebefilter und einem Papierfilter ausgewählt ist. Beispielsweise ist Butadien in Ethylbenzol löslich, sofern es nicht stark vernetzt wurde.

[0048] Beispielsweise kann das Inkontaktbringen das Hinzufügen der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu dem ersten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol umfassen.

[0049] Beispielsweise können die Bedingungen, um das gefällte Polystyrol und den ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung zu erhalten, das Hinzufügen der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu dem ersten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol am Siedepunkt des zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden Nichtlösungsmittels für Polystyrol und das Rühren während einer gewissen Zeit umfassen, damit die Diffusion des Ethylbenzols aus der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung in das zu den Kohlenwasserstoffen gehörende Nichtlösungsmitel für Polystyrol in ausreichendem Maße ablaufen kann.

[0050] Beispielsweise kann die Zeit von etwa 5 Minuten bis etwa 10 Minuten betragen.

[0051] Beispielsweise kann das Rühren das Rühren mit einem mechanischen Rührer umfassen.

[0052] Beispielsweise können die Bedingungen, um das gefällte Polystyrol und den ersten Teil der Kohlenwasserstoffabfalllösung zu erhalten, das Hinzufügen der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu dem ersten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol bei Umgebungstemperatur (z. B. einer Temperatur von etwa 20 °C bis etwa 30 °C oder etwa 25 °C), dann Erhitzen auf den Siedepunkt des zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden Nichtlösungsmittels für Polystyrol und das Rühren während einer gewissen Zeit umfassen, damit die Diffusion des Ethylbenzols aus der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung in das zu den Kohlenwasserstoffen gehörende Nichtlösungsmitel für Polystyrol in ausreichendem Maße ablaufen kann.

[0053] Beispielsweise kann die Zeit von etwa 30 Minuten bis etwa 4 Stunden betragen.

[0054] Beispielsweise kann die Zeit etwa 1 Stunde betragen.

[0055] Beispielsweise kann das Rühren das Rühren mit einem mechanischen Rührer umfassen.

[0056] Beispielsweise können mehr als etwa 90 Gew.-% des Ethylbenzols in der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung, bezogen auf das Gesamtgewicht der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung, in das zu den Kohlenwasserstoffen gehörende Nichtlösungsmitel für Polystyrol diffundieren.

[0057] Beispielsweise kann das Volumenverhältnis des ersten Teils von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmitel für Polystyrol zur Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung etwa 2:1 bis etwa 4:1 betragen.

[0058] Beispielsweise kann das Volumenverhältnis des ersten Teils von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmitel für Polystyrol zur Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung etwa 3:1 betragen.

[0059] Beispielsweise kann das gefällte Polystyrol durch einen Vorgang, der das Dekantieren des ersten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung von dem gefällten Polystyrol umfasst, von dem ersten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung getrennt werden.

[0060] Beispielsweise können die Bedingungen, um das gewaschene Polystyrol und den zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung zu erhalten, das Hinzufügen des zweiten Teils von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmitel für Polystyrol zum gefällten Polystyrol am

Siedepunkt des zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden Nichtlösungsmittels für Polystyrol und das Rühren während einer gewissen Zeit umfassen, damit die Diffusion des Ethylbenzols aus dem gefällten Polystyrol in das zu den Kohlenwasserstoffen gehörende Nichtlösungsmittel für Polystyrol in ausreichendem Maße ablaufen kann.

[0061] Beispielsweise kann die Zeit von etwa 1 Minute bis etwa 15 Minuten betragen. Beispielsweise kann die Zeit etwa 10 Minuten betragen. Beispielsweise kann die Zeit von etwa 2 Minuten bis etwa 5 Minuten betragen. Beispielsweise kann das Rühren das Rühren mit einem mechanischen Rührer umfassen.

[0062] Beispielsweise können die Bedingungen, um das gewaschene Polystyrol und den zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung zu erhalten, das Hinzufügen des zweiten Teils von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol zu dem gefällten Polystyrol bei Umgebungstemperatur (z. B. einer Temperatur von etwa 20 °C bis etwa 30 °C oder etwa 25 °C), dann Erhitzen auf den Siedepunkt des zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden Nichtlösungsmittels für Polystyrol und das Rühren während einer gewissen Zeit umfassen, damit die Diffusion des Ethylbenzols aus dem gefällten Polystyrol in das zu den Kohlenwasserstoffen gehörende Nichtlösungsmittel für Polystyrol in ausreichendem Maße ablaufen kann.

[0063] Beispielsweise kann die Zeit von etwa 15 Minuten bis etwa 2 Stunden betragen. Beispielsweise kann die Zeit etwa 30 Minuten betragen. Beispielsweise kann das Rühren das Rühren mit einem mechanischen Rührer umfassen.

[0064] Beispielsweise kann das gewaschene Polystyrol weniger als etwa 0,3 Gew.-% Ethylbenzol umfassen. Beispielsweise kann das gewaschene Polystyrol weniger als etwa 0,1 Gew.-% Ethylbenzol umfassen.

[0065] Beispielsweise kann das Volumenverhältnis des zweiten Teils von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol zum gefällten Polystyrol etwa 1:2 bis etwa 2:1 betragen. Beispielsweise kann das Volumenverhältnis des zweiten Teils von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol zum gefällten Polystyrol etwa 1:1 betragen.

[0066] Beispielsweise kann das gewaschene Polystyrol durch einen Vorgang, der das Dekantieren des zweiten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung von dem gewaschenen Polystyrol umfasst, von dem zweiten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung getrennt werden.

[0067] Beispielsweise können die Bedingungen, um das zweimal gewaschene Polystyrol und den dritten Teil der Kohlenwasserstoffabfalllösung zu erhalten, das Hinzufügen des dritten Teils von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol zum gewaschenen Polystyrol am Siedepunkt des zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden Nichtlösungsmittels für Polystyrol und das Rühren während einer gewissen Zeit umfassen, damit die Diffusion des Ethylbenzols aus dem gewaschenen Polystyrol in das zu den Kohlenwasserstoffen gehörende Nichtlösungsmittel für Polystyrol in ausreichendem Maße ablaufen kann.

[0068] Beispielsweise kann die Zeit von etwa 1 Minute bis etwa 10 Minuten betragen. Beispielsweise kann die Zeit etwa 5 Minuten betragen. Beispielsweise kann das Rühren das Rühren mit einem mechanischen Rührer umfassen.

[0069] Beispielsweise können die Bedingungen, um das zweimal gewaschene Polystyrol und den dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung zu erhalten, das Hinzufügen des dritten Teils von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol zu dem gewaschenen Polystyrol bei Umgebungstemperatur (z. B. einer Temperatur von etwa 20 °C bis etwa 30 °C oder etwa 25 °C), dann Erhitzen auf den Siedepunkt des zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden Nichtlösungsmittels für Polystyrol und das Rühren während einer gewissen Zeit umfassen, damit die Diffusion des Ethylbenzols aus dem gewaschenen Polystyrol in das zu den Kohlenwasserstoffen gehörende Nichtlösungsmittel für Polystyrol in ausreichendem Maße ablaufen kann.

[0070] Beispielsweise kann die Zeit von etwa 15 Minuten bis etwa 2 Stunden betragen. Beispiels-

weise kann die Zeit etwa 30 Minuten betragen. Beispielsweise kann das Rühren das Rühren mit einem mechanischen Rührer umfassen.

[0071] Beispielsweise kann das zweimal gewaschene Polystyrol weniger als etwa 0,1 Gew.-% Ethylbenzol umfassen. Beispielsweise kann das zweimal gewaschene Polystyrol weniger als etwa 0,05 Gew.-% Ethylbenzol umfassen.

[0072] Beispielsweise kann das Volumenverhältnis des dritten Teils von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol zum gewaschenen Polystyrol etwa 1:2 bis etwa 2:1 betragen. Beispielsweise kann das Volumenverhältnis des dritten Teils von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol zum gewaschenen Polystyrol etwa 1:1 betragen.

[0073] Beispielsweise kann das zweimal gewaschene Polystyrol durch einen Vorgang, der das Dekantieren des dritten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung von dem zweimal gewaschenen Polystyrol umfasst, von dem dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung getrennt werden.

[0074] Beispielsweise kann der Vorgang nach dem Trennen des zweimal gewaschenen Polystyrols von dem dritten Teil von Kohlenwasserstoffabfalllösung und vor dem Trocknen ferner das Entfernen von überschüssiger Kohlenwasserstoffabfalllösung durch Auswringen und/oder Komprimieren des zweimal gewaschenen Polystyrols umfassen.

[0075] Beispielsweise können der erste Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol, der zweite Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol und/oder der dritte Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol ein zu den Kohlenwasserstoffen gehörendes Nichtlösungsmittel für Polystyrol mit einem Siedepunkt von etwa 98 °C bis etwa 110 °C oder etwa 105 °C bis etwa 110 °C bei einem Druck von 1 atm umfassen, im Wesentlichen daraus bestehen oder daraus bestehen.

[0076] Beispielsweise können der erste Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol, der zweite Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol und der dritte Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol ein C₆-C₈-Alkan oder ein Erdöldestillat umfassen, im Wesentlichen daraus bestehen oder daraus bestehen.

[0077] Beispielsweise können der erste Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol, der zweite Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol und der dritte Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol ein C₆-C₈-Alkan umfassen, im Wesentlichen daraus bestehen oder daraus bestehen.

[0078] Beispielsweise kann das C₆-C₈-Alkan Heptan sein. Beispielsweise kann das Heptan n-Heptan sein. Beispielsweise kann das C₆-C₈-Alkan Hexan sein. Beispielsweise kann das Hexan Isohexan sein.

[0079] Beispielsweise können der erste Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol, der zweite Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol und der dritte Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol ein Erdöldestillat umfassen, im Wesentlichen daraus bestehen oder daraus bestehen

[0080] Beispielsweise können der erste Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol, der zweite Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol und der dritte Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol n-Heptan umfassen, im Wesentlichen daraus bestehen oder daraus bestehen.

[0081] Beispielsweise können der erste Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nicht-lösungsmittel für Polystyrol, der zweite Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nicht-lösungsmittel für Polystyrol und der dritte Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem

Nichtlösungsmittel für Polystyrol alle das gleiche zu den Kohlenwasserstoffen gehörende Nichtlösungsmittel für Polystyrol sein.

[0082] Beispielsweise können der erste Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol, der zweite Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol und der dritte Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol alle verschiedene zu den Kohlenwasserstoffen gehörende Nichtlösungsmittel für Polystyrol sein.

[0083] Beispielsweise können der zweite Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol und der dritte Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol das gleiche zu den Kohlenwasserstoffen gehörende Nichtlösungsmittel für Polystyrol sein und der erste Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol kann ein verschiedenes zu den Kohlenwasserstoffen gehörendes Nichtlösungsmittel für Polystyrol sein.

[0084] Beispielsweise kann der zweite Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol und der dritte Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol n-Heptan umfassen, im Wesentlichen daraus bestehen oder daraus bestehen, und der erste Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol kann n-Hexan umfassen, im Wesentlichen daraus bestehen oder daraus bestehen.

[0085] Beispielsweise können die Bedingungen zum Erhalten des getrockneten Polystyrols das Trocknen des zweimal gewaschenen Polystyrols für eine Temperatur und Zeit umfassen, damit das Entfernen des verbleibenden zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden Nichtlösungsmittels für Polystyrol in ausreichendem Maße ablaufen kann. Beispielsweise kann das zweimal gewaschene Polystyrol bei einer Temperatur von etwa 115 °C bis etwa 125 °C getrocknet werden. Beispielsweise kann das zweimal gewaschene Polystyrol bei einer Temperatur von etwa 120 °C getrocknet werden. Beispielsweise kann das zweimal gewaschene Polystyrol bei einer Temperatur von etwa 90 °C bis etwa 110 °C getrocknet werden. Beispielsweise kann das zweimal gewaschene Polystyrol bei einer Temperatur von etwa 100 °C getrocknet werden.

Beispielsweise können die Bedingungen zum Erhalten des getrockneten Polystyrols ferner das Anlegen von Vakuum umfassen.

[0086] Beispielsweise können die Bedingungen zum Erhalten des getrockneten Polystyrols das Trocknen des zweimal gewaschenen Polystyrols unter Verwendung eines Infrarottrockners für eine Zeit umfassen, damit das Entfernen des verbleibenden zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden Nichtlösungsmittels für Polystyrol in ausreichendem Maße ablaufen kann.

[0087] Beispielsweise kann der Polystyrolabfall polare Verunreinigungen umfassen und der Vorgang kann ferner das Waschen des Polystyrolabfalls mit einem polaren organischen Lösungsmittel unter Bedingungen zum Entfernen der polaren Verunreinigungen umfassen.

[0088] Beispielsweise kann das polare organische Lösungsmittel Methanol oder Ethanol umfassen, im Wesentlichen daraus bestehen oder daraus bestehen. Beispielsweise kann das polare organische Lösungsmittel Methanol umfassen, im Wesentlichen daraus bestehen oder daraus bestehen. Beispielsweise kann das polare organische Lösungsmittel Ethanol umfassen, im Wesentlichen daraus bestehen oder daraus bestehen.

[0089] Beispielsweise kann der Vorgang ferner das Destillieren des ersten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung, des zweiten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung und/oder des dritten Teils von Kohlenwasserstoffabfalllösung unter Bedingungen umfassen, um Ethylbenzol und/oder zu den Kohlenwasserstoffen gehörendes Nichtlösungsmittel für Polystyrol zu erhalten.

[0090] Beispielsweise kann der Vorgang ferner das Wiederverwerten des Ethylbenzols zur Verwendung im Auflösungsschritt umfassen.

[0091] Beispielsweise kann der Vorgang ferner das Wiederverwerten des zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden Nichtlösungsmittels für Polystyrol zur Verwendung in dem Hinzufügungs-

schrift, dem ersten Waschschnitt und/oder dem zweiten Waschschnitt umfassen.

[0092] Beispielsweise kann der Vorgang ferner das Verarbeiten des getrockneten Polystyrols unter Bedingungen umfassen, um Polystyrol-Pellets zu erhalten. Beispielsweise können die Bedingungen zum Erhalten der Polystyrol-Pellets das Extrudieren des getrockneten Polystyrols bei einer Temperatur von etwa 140 °C bis etwa 160 °C umfassen.

[0093] Beispielsweise kann der Vorgang ferner das Verpacken der Polystyrol-Pellets umfassen. Geeignete Mittel zum Verpacken der Polystyrol-Pellets können von einem Fachmann ausgewählt werden.

[0094] Beispielsweise kann der Vorgang ferner das Hinzufügen eines Antioxidationsmittels während des Auflösungsschritts, des Hinzufügungsschritts, des ersten Waschschnitts und/oder des zweiten Waschschnitts umfassen. Beispielsweise kann der Vorgang ferner das Hinzufügen eines Antioxidationsmittels während des Auflösungsschritts umfassen.

[0095] Beispielsweise kann das Antioxidationsmittel Octadecyl-3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionat umfassen, im Wesentlichen daraus bestehen oder daraus bestehen.

[0096] Beispielsweise kann das Antioxidationsmittel in einer Menge von etwa 0,1 Gew.-% bis etwa 2 Gew.-% zugefügt werden, bezogen auf das Gesamtgewicht des Polystyrols. Beispielsweise kann das Antioxidationsmittel in einer Menge von etwa 1 Gew.-% zugefügt werden, bezogen auf das Gesamtgewicht des Polystyrols. Beispielsweise kann das Antioxidationsmittel in einer Menge von etwa 0,5 Gew.-% bis etwa 2 Gew.-% zugefügt werden, bezogen auf das Gesamtgewicht des Polystyrols.

[0097] Beispielsweise kann der Vorgang ferner das Hinzufügen eines Additivs zum Senken oder Erhöhen des Schmelzindex zu der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung umfassen. Beispielsweise kann der Vorgang ferner das Hinzufügen eines Additivs zum Senken des Schmelzindex zu der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung umfassen.

[0098] Beispielsweise kann das Additiv zum Senken des Schmelzindex Kalk, Talk, Siliciumoxid, Siliciumhydroxid, Aluminiumoxid, Aluminiumhydroxid oder Kombinationen davon umfassen, im Wesentlichen daraus bestehen oder daraus bestehen. Beispielsweise kann das Additiv zum Senken des Schmelzindex Kalk umfassen, im Wesentlichen daraus bestehen oder daraus bestehen. Beispielsweise kann das Additiv zum Senken des Schmelzindex Talk umfassen, im Wesentlichen daraus bestehen oder daraus bestehen.

[0099] Beispielsweise kann das Additiv zum Erhöhen des Schmelzindex etwa 0,0001 Gew.-% bis etwa 1 Gew.-% Silikonöl umfassen. Beispielsweise kann Silikonöl von etwa 0,01 Gew.-% bis 0,1 Gew.-% zugefügt werden.

[0100] Beispielsweise kann das Additiv zum Senken des Schmelzindex in einer Menge von etwa 0,5 Gew.-% bis etwa 25 Gew.-% zugefügt werden, bezogen auf das Gesamtgewicht des Polystyrols. Beispielsweise kann das Additiv zum Senken des Schmelzindex in einer Menge von etwa 0,5 Gew.-% bis etwa 5 Gew.-% zugefügt werden, bezogen auf das Gesamtgewicht des Polystyrols.

Beispielsweise kann das Additiv zum Senken des Schmelzindex in einer Menge von etwa 1 Gew.-% zugefügt werden, bezogen auf das Gesamtgewicht des Polystyrols.

[0101] Beispielsweise kann der Polystyrolabfall postindustrieller Abfall, Post-Consumer-Abfall oder eine Kombination davon sein. Beispielsweise kann der Polystyrolabfall postindustrieller Abfall sein. Beispielsweise kann der Polystyrolabfall Post-Consumer-Abfall sein. Beispielsweise kann der Polystyrolabfall eine Kombination aus postindustriellem Abfall und Post-Consumer-Abfall sein.

[0102] Beispielsweise kann der Polystyrolabfall geschäumtes Polystyrol umfassen, im Wesentlichen daraus bestehen oder daraus bestehen. Beispielsweise kann der Polystyrolabfall weißes, geschäumtes Polystyrol umfassen, im Wesentlichen daraus bestehen oder daraus bestehen. Beispielsweise kann der Polystyrolabfall komprimiertes Polystyrol umfassen, im Wesentlichen daraus bestehen oder daraus bestehen.

[00103] Beispielsweise kann der Vorgang ferner das Mahlen des Polystyrolabfalls vor dem Auflösen umfassen.

[00104] Beispielsweise kann die Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung an einem ersten Ort erhalten werden und der Vorgang kann ferner das Transportieren der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung zu einem zweiten Ort umfassen, wo nachfolgende Schritte in dem Vorgang durchgeführt werden können.

[00105] Beispielsweise kann das Auflösen bei einer Temperatur von etwa 0 °C bis etwa 100 °C durchgeführt werden. Beispielsweise kann das Auflösen bei einer Temperatur von etwa 20 °C bis etwa 30 °C durchgeführt werden. Beispielsweise kann das Auflösen bei einer Temperatur von etwa 75 °C bis etwa 85 °C durchgeführt werden. Beispielsweise kann das Auflösen bei einer Temperatur von etwa 80 °C durchgeführt werden.

[00106] In einigen Beispielen der vorliegenden Offenbarung kann das Auflösen für eine Zeit von etwa 30 Minuten bis etwa 4 Stunden durchgeführt werden.

Beispielsweise kann das Auflösen für eine Zeit von etwa 1 Stunde durchgeführt werden.

[00107] Beispielsweise kann das Inkontaktbringen/Hinzufügen bei einer Temperatur von etwa 80 °C bis etwa 120 °C durchgeführt werden. Beispielsweise kann das Inkontaktbringen/Hinzufügen bei einer Temperatur von etwa 80 °C bis etwa 90 °C durchgeführt werden. Beispielsweise kann das

Inkontaktbringen/Hinzufügen bei einer Temperatur von etwa 85 °C durchgeführt werden. Beispielsweise kann der erste Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol Heptan sein und das Inkontaktbringen/Hinzufügen kann bei einer Temperatur von etwa 80 °C bis etwa 105 °C, etwa 85 °C bis etwa 100 °C, 80 °C bis etwa 90 °C oder etwa 85 °C durchgeführt werden.

[00108] Beispielsweise kann das Inkontaktbringen/Hinzufügen das Inkontaktbringen/Hinzufügen der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung mit/zu dem ersten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol bei Umgebungstemperatur (z. B. einer Temperatur von etwa 20 °C bis etwa 30 °C oder etwa 25 °C), dann Erhitzen für eine geeignete Zeit (z. B. von etwa 5 Minuten bis etwa 1 Stunde oder etwa 30 Minuten) auf eine Temperatur von etwa 80 °C bis etwa 120 °C, etwa 95 °C bis etwa 105 °C oder etwa 100 °C umfassen. Beispielsweise kann der erste Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol Heptan sein und das Inkontaktbringen/Hinzufügen kann das Inkontaktbringen/Hinzufügen der Polystyrol-Ethylbenzol-Mischung mit/zu dem ersten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol bei Umgebungstemperatur (z. B. einer Temperatur von etwa 20 °C bis etwa 30 °C oder etwa 25 °C), dann Erhitzen für eine geeignete Zeit (z. B. von etwa 5 Minuten bis etwa 1 Stunde oder etwa 30 Minuten) auf eine Temperatur von etwa 95 °C bis etwa 105 °C oder etwa 100 °C umfassen.

[00109] Beispielsweise kann das Waschen des gefällten Polystyrols mit dem zweiten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol bei einer Temperatur von etwa 80 °C bis etwa 120 °C durchgeführt werden. Beispielsweise kann das Waschen des gefällten Polystyrols mit dem zweiten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol bei einer Temperatur von etwa 80 °C bis etwa 90 °C durchgeführt werden. Beispielsweise kann das Waschen des gefällten Polystyrols mit dem zweiten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol bei einer Temperatur von etwa 85 °C durchgeführt werden.

[00110] Beispielsweise kann der zweite Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol Heptan sein, und das Waschen des gefällten Polystyrols mit dem zweiten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol kann bei einer Temperatur von etwa 80 °C bis etwa 105 °C, etwa 85 °C bis etwa 100 °C, 80 °C bis etwa 90 °C oder etwa 85 °C durchgeführt werden. Beispielsweise kann das Waschen des gefällten Polystyrols mit dem zweiten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol das Inkontaktbringen/Hinzufügen des zweiten Teils von zu den Kohlenwas-

serstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol mit/zu dem gefällten Polystyrol bei Umgebungstemperatur (z. B. einer Temperatur von etwa 20 °C bis etwa 30 °C oder etwa 25 °C), dann Erhitzen für eine geeignete Zeit (z. B. von etwa 5 Minuten bis etwa 1 Stunde oder etwa 30 Minuten) auf eine Temperatur von etwa 80 °C bis etwa 120 °C, von etwa 95 °C bis etwa 105 °C oder etwa 100 °C umfassen. Beispielsweise kann der zweite Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol Heptan sein und das Waschen des gefällten Polystyrols mit dem zweiten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol kann das Inkontaktbringen/Hinzufügen des zweiten Teils von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol mit/zu dem gefällten Polystyrol bei Umgebungstemperatur (z. B. einer Temperatur von etwa 20 °C bis etwa 30 °C oder etwa 25 °C), dann Erhitzen für eine geeignete Zeit (z. B. von etwa 5 Minuten bis etwa 1 Stunde oder etwa 30 Minuten) auf eine Temperatur von etwa 95 °C bis etwa 105 °C oder etwa 100 °C umfassen.

[00111] Beispielsweise kann das Waschen des gewaschenen Polystyrols mit dem dritten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol bei einer Temperatur von etwa 80 °C bis etwa 120 °C durchgeführt werden. Beispielsweise kann das Waschen des gewaschenen Polystyrols mit dem dritten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol bei einer Temperatur von etwa 80 °C bis etwa 90 °C durchgeführt werden. Beispielsweise kann das Waschen des gewaschenen Polystyrols mit dem dritten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol bei einer Temperatur von etwa 85 °C durchgeführt werden. Beispielsweise kann der dritte Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol Heptan sein und das Waschen des gewaschenen Polystyrols mit dem dritten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol kann bei einer Temperatur von etwa 80 °C bis etwa 105 °C, etwa 85 °C bis etwa 100 °C, 80 °C bis etwa 90 °C oder etwa 85 °C durchgeführt werden.

[00112] Beispielsweise kann das Waschen des gewaschenen Polystyrols mit dem dritten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol das Inkontaktbringen/Hinzufügen des dritten Teils von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol mit/zu dem gewaschenen Polystyrol bei Umgebungstemperatur (z. B. einer Temperatur von etwa 20 °C bis etwa 30 °C oder etwa 25 °C), dann Erhitzen für eine geeignete Zeit (z. B. von etwa 5 Minuten bis etwa 1 Stunde oder etwa 30 Minuten) auf eine Temperatur von etwa 80 °C bis etwa 120 °C, von etwa 95 °C bis etwa 105 °C oder etwa 100 °C umfassen. Beispielsweise kann der dritte Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol Heptan sein und das Waschen des gewaschenen Polystyrols mit dem dritten Teil von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol kann das Inkontaktbringen/Hinzufügen des dritten Teils von zu den Kohlenwasserstoffen gehörendem Nichtlösungsmittel für Polystyrol mit/zu dem gewaschenen Polystyrol bei Umgebungstemperatur (z. B. einer Temperatur von etwa 20 °C bis etwa 30 °C oder etwa 25 °C), dann Erhitzen für eine geeignete Zeit (z. B. von etwa 5 Minuten bis etwa 1 Stunde oder etwa 30 Minuten) auf eine Temperatur von etwa 95 °C bis etwa 105 °C oder etwa 100 °C umfassen.

[00113] Die vorliegende Offenbarung beinhaltet auch wiederverwertetes Polystyrol, das gemäß einem Vorgang zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen der vorliegenden Offenbarung hergestellt wurde.

[00114] Beispielsweise kann das Abfallpolystyrol andere Copolymeren umfassen. Beispielsweise kann es Butadien (HIPS) umfassen, oder ein Copolymer aus Styrol und Acrylnitril (SAN) oder Acrylnitril, Butadien und Styrol (ABS) sein. Beispielsweise kann das Abfallpolystyrol ein Polystyrol-co-butadien-Copolymer sein. In anderen Beispielen der vorliegenden Offenbarung umfasst das Abfallpolystyrol keine anderen Copolymeren.

[00115] Beispielsweise können Ausführungsformen, die sich auf das wiederverwertete Polystyrol der vorliegenden Offenbarung beziehen, variiert werden, wie hierin in Bezug auf die Vorgänge zum Wiederverwerten von Polystyrolabfällen der vorliegenden Offenbarung diskutiert.

[00116] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Schmelzindex von weniger als etwa 40 g/10 min aufweisen. Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen

Schmelzindex von etwa 3 bis etwa 30 g/10 min aufweisen. Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Schmelzindex von etwa 3 bis etwa 25 g/10 min aufweisen. Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Schmelzindex von weniger als etwa 25 g/10 min aufweisen. Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Schmelzindex von etwa 10 bis etwa 20 g/10 min aufweisen.

[00117] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Schmelzindex von weniger als etwa 40 g/10 min aufweisen. Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Schmelzindex von etwa 5 bis etwa 30 g/10 min aufweisen. Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Schmelzindex von etwa 5 bis etwa 25 g/10 min aufweisen. Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Schmelzindex von weniger als etwa 25 g/10 min aufweisen. Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Schmelzindex von etwa 10 bis etwa 20 g/10 min aufweisen.

[00118] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Schmelzindex von weniger als etwa 30 g/10 min aufweisen. Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Schmelzindex von etwa 3 bis etwa 25 g/10 min aufweisen. Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Schmelzindex von etwa 1 bis etwa 15 g/10 min aufweisen. Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Schmelzindex von etwa 10 bis etwa 15 g/10 min aufweisen. Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Schmelzindex von etwa 5 bis etwa 12 g/10 min aufweisen. Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Schmelzindex von etwa 2 bis etwa 12 g/10 min aufweisen. Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Schmelzindex von weniger als etwa 15 g/10 min aufweisen. Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Schmelzindex von weniger als etwa 12 g/10 min aufweisen.

[00119] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Gehalt an Additiv(en) von weniger als etwa 5 Gew.-% aufweisen.

[00120] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Gehalt an Additiv(en) von weniger als etwa 3 Gew.-% aufweisen.

[00121] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Gehalt an Additiv(en) von weniger als etwa 2 Gew.-% aufweisen.

[00122] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Gehalt an Additiv(en) von weniger als etwa 1 Gew.-% aufweisen.

[00123] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Gehalt an Additiv(en) von weniger als etwa 0,5 Gew.-% aufweisen.

[00124] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Gehalt an Additiv(en) von weniger als etwa 0,1 Gew.-% aufweisen.

[00125] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Gehalt an Additiv(en) von weniger als etwa 0,05 Gew.-% aufweisen.

[00126] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Gehalt an Additiv(en) von etwa 0,05 Gew.-% bis etwa 1 Gew.-% aufweisen.

[00127] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Gehalt an Additiv(en) von etwa 0,1 Gew.-% bis etwa 1 Gew.-% aufweisen.

[00128] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Füllstoffgehalt von weniger als etwa 5 Gew.-% aufweisen.

[00129] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Füllstoffgehalt von weniger als etwa 3 Gew.-% aufweisen.

[00130] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Füllstoffgehalt von weniger als etwa 2 Gew.-% aufweisen.

[00131] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Füllstoffgehalt von weniger

als etwa 1 Gew.-% aufweisen.

[00132] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Füllstoffgehalt von weniger als etwa 0,5 Gew.-% aufweisen.

[00133] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Füllstoffgehalt von weniger als etwa 0,1 Gew.-% aufweisen.

[00134] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Füllstoffgehalt von weniger als etwa 0,05 Gew.-% aufweisen.

[00135] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Füllstoffgehalt von etwa 0,05 Gew.-% bis etwa 1 Gew.-% aufweisen.

[00136] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol einen Füllstoffgehalt von etwa 0,1 Gew.-% bis etwa 1 Gew.-% aufweisen.

[00137] Beispielsweise kann der Füllstoff ein anorganischer Füllstoff sein.

[00138] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polymer erhalten werden, indem ein Polystyrolabfall durch eine Behandlung mit einem Lösungsmittel und einem Nichtlösungsmittel wieder-verwertet wird.

[00139] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polymer durch Wiederverwerten eines Polystyrolabfalls erhalten werden, indem eine Behandlung mit einem Lösungsmittel, das Ethylbenzol ist, und einem zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden Nichtlösungsmittel für Polystyrol, das C₆-C₈-Alkan oder Mischungen davon ist, beteiligt ist.

[00140] Beispielsweise kann der Polystyrolabfall Polystyrol mit einem mittleren Molekulargewicht von etwa 200.000 bis etwa 350.000 g/mol umfassen.

[00141] Beispielsweise kann der Polystyrolabfall Polystyrol mit einem mittleren Molekulargewicht von etwa 230.000 bis etwa 260.000 g/mol umfassen.

[00142] Beispielsweise kann der Polystyrolabfall Polystyrol mit einem mittleren Molekulargewicht von etwa 260.000 bis etwa 300.000 g/mol umfassen.

[00143] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol transparent sein.

[00144] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol klar sein.

[00145] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol im Wesentlichen transparent sein.

[00146] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol zumindest im Wesentlichen trans-parent sein.

[00147] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol durch jeden der in der vorliegenden Offenbarung beschriebenen Vorgänge und/oder jedes Verfahren erhalten werden.

[00148] Es wird auch die Verwendung der wiederverwerteten Polystyrole der vorliegenden Offenbarung zum Herstellen einer Mischung bereitgestellt, die das wiederverwertete Polystyrol und ein fabrikneues Polystyrol umfasst.

[00149] Es wird auch ein Verfahren zur Verwendung der wiederverwerteten Polystyrole der vor-liegenden Offenbarung bereitgestellt, umfassend das Mischen des wiederverwerteten Polystyrols mit einem fabrikneuen Polystyrol.

[00150] Beispielsweise kann die Mischung mindestens etwa 10 Gew.-%, mindestens etwa 15 Gew.-%, mindestens etwa 20 Gew.-%, etwa 1 Gew.-% bis etwa 50 Gew.-%, etwa 5 Gew.-% bis etwa 50 Gew.-% oder etwa 5 Gew.-% bis etwa 30 Gew.-% des wiederverwerteten Polystyrols umfassen.

[00151] Beispielsweise kann das wiederverwertete Polystyrol andere Copolymere umfassen. Beispielsweise kann es Butadien (HIPS) umfassen, oder ein Copolymer aus Styrol und Acrylnitril (SAN) oder Acrylnitril, Butadien und Styrol (ABS) sein. Beispielsweise kann das wiederverwertete

Polystyrol ein Polystyrol-co-butadien-Copolymer sein. In anderen Beispielen der vorliegenden Offenbarung umfasst das Abfallpolystyrol keine anderen Copolymere.

[00152] Beispielsweise wird das Wiederverwertern des Polystyrols oder die Umwandlung des Polystyrolabfalls in wiederverwertetes Polystyrol durch ein Verfahren/einen Vorgang durchgeführt, wie es/er in der vorliegenden Offenbarung definiert ist.

BEISPIELE

BEISPIEL 1: WIEDERVERWERTEN VON POLYSTYROLABFÄLLEN

[00153] In den vorliegenden Untersuchungen wurden Polystyrolabfälle in einem Vorgang wiederverwertet, der fünf Hauptschritte in der folgenden Reihenfolge beinhaltete:

1. Solubilisierung des Polystyrols in Ethylbenzol
2. Filtration der Polystyrol(PS)-Ethylbenzol-Mischung zum Entfernen ungelöster Materialien
3. Waschen mit einem unpolaren Lösungsmittel, das für PS ein Nichtlösungsmittel ist
4. Trocknen
5. Formen und Verpacken von PS-Kunststoffperlen

[00154] Im ersten Schritt (Solubilisierung) wurden Polystyrolabfälle wie industrielles geschäumtes Polystyrol nach dem Gebrauch in Ethylbenzol gelöst. Im Solubilisierungsschritt verliert das Polystyrol seine strukturellen Eigenschaften und es kommt zu einer Verringerung des von ihm eingenommenen Volumens. Verschiedene unpolare Additive, einschließlich Hexabromcyclohexadecan (HBCD) und die bei seiner Herstellung verwendeten Silikonöle, werden in dem Ethylbenzol-Lösungsmittel gelöst. Dieser Schritt wurde in einem geschlossenen, belüfteten Tank durchgeführt, der als Auflösungsmodul bezeichnet wird. Ziel des Moduls ist es, die Menge an Polystyrol zu maximieren, die innerhalb eines bestimmten Zeitraums solubilisiert werden kann. Beispielsweise kann ein Metallgitter innerhalb des Auflösungsmoduls die geschäumten Polystyrolobjekte in Ethylbenzol drücken, wodurch beispielsweise die Auflösungszeit von Stunden auf Minuten verringert werden kann.

[00155] Der dritte Schritt (Waschen) hatte folgende Ziele: (1) Ausfällung des Polystyrols; (2) Rückgewinnung des Ethylbenzols, um es in Schritt 1 wiederzuverwenden; und (3) Eliminierung der verschiedenen Additive, die die mechanischen Eigenschaften des wiederverwerteten Polystyrols verändern können. Dieser Schritt umfasste zunächst das Ausfällen des solubilisierten Polystyrols mit Hexan, Heptan oder einem anderen Kohlenwasserstoff mit einem geeigneten Siedepunkt. Zwar wurde beobachtet, dass Heptan die besten Ergebnisse im Waschschritt lieferte, jedoch können auch andere Kohlenwasserstoffe nützlich sein. In den vorliegenden Untersuchungen wurden Hexan und Oktan getestet. Erdöldestillate mit einem Siedepunkt von etwa 100 °C bis etwa 120 °C können ebenfalls nützlich sein und beispielsweise reduzierte Prozess- und/oder Betriebskosten bieten.

[00156] Beispielsweise kann das Lösungsmittel einen Siedepunkt um oder geringfügig über der T_g für den Polystyrolabfall haben. Zwar kann die T_g von Polystyrol beispielsweise in Abhängigkeit vom Molekulargewicht variieren, jedoch beträgt die T_g für den Polystyrolabfall typischerweise etwa 98 °C. Ein Fachmann wird erkennen, dass es für die meisten Polystyrole, die bei der Herstellung von industriellen Polystyrolobjekten verwendet werden, typischerweise nur eine geringe Variation von T_g mit Molekulargewicht oder Polydispersität gibt. Dementsprechend kann das Lösungsmittel einen Siedepunkt von bis zu etwa 110 °C haben, beispielsweise einen Siedepunkt von etwa 105 °C bis etwa 110 °C bei einem Druck von 1 atm. Ein geeignetes Kohlenwasserstofflösungsmittel kann beispielsweise ermöglichen, dass mehr als 90 % des Ethylbenzols dorthin migriert, und es ist ein Nichtlösungsmittel für Polystyrol.

[00157] Um den ersten Waschschritt durchzuführen (d. h., das Polystyrol auszufällen), wurde die Mischung aus in Ethylbenzol solubilisiertem Polystyrol langsam in einen doppelwandigen Edel-

stahltank gegossen, der den Kohlenwasserstoff bei seiner Siedetemperatur enthielt. In einem beispielhaften Experiment wurde Hexan bei seiner Siedetemperatur (69 °C) für diesen Schritt verwendet. In anderen beispielhaften Experimenten wurde Heptan bei seiner Siedetemperatur (98 °C) für diesen Schritt verwendet. Die gesamte Mischung wurde unter Verwendung eines mechanischen Rührers mäßig gerührt. Das Volumen der dem Kohlenwasserstoff zugesetzten Polystyrol-Ethylbenzol-Lösung lag bei einem Volumenverhältnis von Polystyrol-Ethylbenzol-Lösung zu Kohlenwasserstoff von 1:3. Unter diesen Bedingungen kann das Polystyrol in Form einer klebrigen weißen Paste ausfallen. Es wurde jedoch gefunden, dass es während des Röhrens wahrscheinlicher PS-Flocken bildet als eine klebrige Paste. Die Rührzeit (von etwa 5 Minuten bis etwa 10 Minuten) ermöglichte ein nützliches Maß an Diffusion des Ethylbenzols in den Kohlenwasserstoff. Aufgrund der großen Affinität zwischen Ethylbenzol und Polystyrol wurde jedoch beobachtet, dass das gefällte Polystyrol sehr formbar blieb und dazu neigte, in der Lösungsmittelmischung zu verbleiben, anstatt sich effizient zu trennen. In solchen Fällen wurde gefunden, dass ein Kühlvorgang verwendet werden konnte, um die Viskosität des gefällten Polystyrols zu erhöhen und die Trennung des gefällten Polystyrols und des ersten Teils der Lösungsmittelmischung zu fördern. Zum Beispiel durch Verwendung eines Kühlsystems im doppelwandigen Edelstahltank. Zum Beispiel kann kaltes Wasser (5 °C bis 10 °C) verwendet werden, um den Tank mit dem gefällten Polystyrol und dem ersten Teil der Lösungsmittelmischung zu kühlen. Das Kühlen kann über einen Zeitraum von etwa 10 Minuten bis etwa 15 Minuten oder länger erfolgen, beispielsweise etwa 2 Stunden. Nach dem Ausfällen und gegebenenfalls Kühlen wurde der Überstand der Lösungsmittelmischung durch einfaches Dekantieren entfernt, wonach ein zweites Waschen des gefällten Polystyrols durchgeführt werden konnte.

[00158] Das zweite Waschen wurde im gleichen Tank mit Heptan durchgeführt. Ein definiertes Volumen von Heptan mit einer Siedetemperatur von 98 °C wurde gemäß einem Volumenverhältnis von Polystyrol:Heptan von 1:1 in den Tank eingeführt. Die gesamte Mischung wurde bei atmosphärischem Druck unter mäßigem mechanischem Rühren über etwa 2 Minuten bis etwa 5 Minuten gekocht. Die Verwendung eines anderen Kohlenwasserstoffs in der zweiten Wäsche als in der ersten Wäsche erhöhte die Formbarkeit des Polystyrols, was beispielsweise die Diffusion des verbleibenden Ethylbenzol-Lösungsmittels aus dem gefällten Polystyrol in den Kohlenwasserstoff erhöhte. Das Kühlsystem kann auch nach dem zweiten Waschen verwendet werden, um die Viskosität des gefällten Polystyrols zu erhöhen und eine leichtere Trennung zwischen der Lösungsmittelmischung und dem Polystyrol zu ermöglichen (z. B. Kühlen für eine Zeit von etwa 10 Minuten bis etwa 15 Minuten). Nach dem Waschen und gegebenenfalls Kühlen wurde die überstehende Lösungsmittelmischung durch einfaches Dekantieren entfernt. Den Berechnungen der Wascheffizienz zufolge verblieben in diesem Stadium weniger als 0,1 % Ethylbenzol im gefällten Polystyrol.

[00159] Ein drittes Waschen mit kochendem Heptan wurde verwendet, um das Vorhandensein von Ethylbenzol im Polystyrol weiter zu verringern. Das Vorhandensein von restlichem Lösungsmittel kann beispielsweise den Schmelzindex beeinflussen, der auch als Schmelzflussindex (MFI) bezeichnet wird. Der Grad der Wascheffizienz ist umgekehrt proportional zum MFI. Die verwendeten Waschbedingungen waren die gleichen wie im zweiten Waschschritt. Das Polystyrol neigte dazu, im Vergleich zum Fällungsschritt als feste Paste zu verbleiben, und die Lösungsmittelmischung kann leicht entfernt werden, ohne gefälltes Material zu verlieren. Dementsprechend ist beispielsweise der Kühschritt möglicherweise nicht erforderlich, um eine effiziente Trennung bei der dritten Wäsche zu erzielen.

[00160] Die wiedergewonnene Lösungsmittelmischung enthielt Hexan, Heptan, Ethylbenzol und/oder ein anderes verwendetes Kohlenwasserstofflösungsmitel sowie unpolare Additive, die aus dem PS extrahiert wurden. Der Anteil an Ethylbenzol und Additiven war in der ersten Lösungsmittelmischung höher als in der zweiten und dritten Lösungsmittelmischung. Zum Trennen der verschiedenen Produkte wurde eine fraktionierte Destillation verwendet. Das Ethylbenzol wurde für den Solubilisierungsschritt wiederverwendet, während Hexan und Heptan in den Waschschritten wiederverwendet wurden. Die zurückgewonnenen Additive wurden als Abfall zur Entsorgung angesehen.

[00161] Der vierte Schritt (Trocknen) umfasste das Trocknen der Polystyrolpaste, die etwa 5 bis 37 % Heptan enthielt, in einem Trockner bei einer Temperatur von 120 °C. Ein Ziel bestand darin, im Wesentlichen das gesamte verbleibende Lösungsmittel zu entfernen, ohne die Qualität des Polymers zu verändern.

[00162] Der fünfte Schritt (Verpacken) umfasste das Schneiden des getrockneten Polystyrols in kleine Pellets, die für die Verteilung des Produkts an die Kunden geeignet sind. Zum Steuern der Größe und Form des Endprodukts wurde ein Granulator verwendet, wie er üblicherweise in der Industrie verwendet wird.

[00163] Um den PS-Abbau zu begrenzen, der hauptsächlich auf Oxidation zurückzuführen ist, wie sie während der Trocknungs- und Extrusionsschritte beobachtet wird, kann ein handelsübliches Antioxidationsmittel wie Irganox™ 1076 (Octadecyl-3-(3,5-Di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionat) in einem Anteil von etwa 1 %, bezogen auf das Gewicht des Polystyrols, zugesetzt werden. Diese Verbindung ist für Lebensmittelanwendungen akzeptabel, hat einen Schmelzpunkt von 50 °C und kann zu verschiedenen Zeitpunkten im Vorgang zugesetzt werden, d. h. mit dem Ethylbenzol, in den Waschschritten und/oder im letzten Extrusionsschritt.

BEISPIEL 2: KRISTALLINES POLYSTYROL

[00164] Eine Lösung von Polystyrol (PS) mit einer PS-Konzentration von 20 % wurde hergestellt, indem 40 g kristallines PS mit einem mittleren MW = 170.000 in 160 g Ethylbenzol gelöst wurden. Die Lösung wurde unter magnetischem Röhren 2 h lang auf 80 °C erhitzt. Die Lösung wurde zum Abkühlen auf 25 °C stehengelassen. Eine Fraktion von 79 g PS-Lösung in Ethylbenzol wurde zu 300 ml kaltem Heptan gegeben und unter Röhren 30 Minuten lang auf 100 °C erhitzt. Die Lösung wurde zum Abkühlen auf Raumtemperatur stehengelassen.

[00165] Die Lösungsmittelmischung wurde durch Dekantieren entfernt, wobei nur die weiße PS-Paste am Boden des Bechers zurückblieb. Zu der weißen PS-Paste wurde frisches Heptan (300 ml) gegeben und das Lösungsmittel wurde unter Röhren 30 Minuten lang auf 100 °C erhitzt. Die Lösungsmittel wurde zum Abkühlen auf 25 °C stehengelassen. Die PS-Paste wurde ein drittes Mal mit 300 ml Heptan unter identischen Bedingungen gewaschen. Die PS-Paste (26,1 g) wurde 4 Tage lang in einem auf 100 °C erhitzten Ofen getrocknet. Das PS-Gewicht betrug nach 4 Tagen Trocknen 17,7 g.

BEISPIEL 3: WIEDERVERWERTUNG VON GESCHÄÜMTEM POST-CONSUMER-POLYSTYROL

I. EXPERIMENTELLES

[00166] Eine Lösung von Polystyrol (PS) mit einer PS-Konzentration von 20 % wurde hergestellt, indem 20 g geschäumtes Polystyrol aus Möbelkisten in 80 g Ethylbenzol gelöst wurden. Die Lösung wurde unter magnetischem Röhren 1 h lang auf 80 °C erhitzt. Die Polystyrol-Ethylbenzol-Lösung wurde zu 175 ml kaltem Heptan gegeben und 1 Stunde lang unter magnetischem Röhren auf 80 °C erhitzt, um eine gefällte weiße PS-Paste zu bilden. Die Lösung wurde zum Abkühlen auf Raumtemperatur stehengelassen und ein Kühlvorgang (ca. 5 °C bis 10 °C) wurde verwendet, um die Viskosität des gefällten Polystyrols über einen Zeitraum von 2 Stunden zu erhöhen. Die Lösungsmittelmischung wurde durch Dekantieren entfernt, wobei nur die weiße PS-Paste am Boden des Kolbens zurückblieb. Zu der weißen PS-Paste wurde frisches Heptan (150 ml) gegeben und das Lösungsmittel wurde unter magnetischem Röhren 30 Minuten lang auf 80 °C erhitzt. Das Lösungsmittel wurde zum Abkühlen auf Raumtemperatur stehengelassen und ein weiterer Kühlenschritt (ca. 5 °C bis 10 °C) wurde verwendet, um das Lösungsmittel von dem gefällten PS effizienter abzutrennen. Die PS-Paste wurde ein zweites Mal mit (150 ml) Heptan unter identischen Bedingungen gewaschen und die zweimal gewaschene Polystyrolpaste wurde von der Lösungsmittelmischung abgetrennt. Die PS-Paste (30,02 g) wurde 4 Stunden lang bei 100 °C im Vakuum getrocknet. Das Gewicht des wiederverwerteten PS betrug nach dem Trocknen 19,47 g.

II. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

[00167] Ethylbenzol scheint eine sehr gute Affinität zu Polystyrol zu haben, was beispielsweise dazu führen kann, dass das PS nach der Ausfällung (heiß und bei Raumtemperatur) formbarer bleibt und immer noch eine erhebliche Menge Ethylbenzol im Inneren eingeschlossen bleibt. Daher kann es schwierig sein, die Lösungsmittelmischung zu extrahieren, ohne etwas PS zu verlieren (es geht tendenziell mit der Heptan-Ethylbenzol-Mischung), und wenn der Niederschlag in Form von Flocken vorliegt, ist es schwieriger, eine gute Trennung zu erzielen. Um die Feststoff-/Flüssigkeits-Trennung zu erhöhen, wurde die Lösung auf ca. 5 °C bis 10 °C (z. B. 30 min bis 1 h lang) abgekühlt, sodass die PS-Viskosität zunimmt und die Lösungsmittelmischung leichter abgetrennt werden kann, ohne etwas von dem PS zu verlieren. Dieser Kühlenschritt kann nach dem ersten Waschen erneut durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass kein PS mit dem Lösungsmittel verloren geht. Nach dem zweiten Waschen stellte sich heraus, dass dies optional ist, da zu diesem Zeitpunkt typischerweise weniger als 1 % Ethylbenzol im PS verbleibt, sodass das PS eher fester bleibt und eher ohne Probleme abgetrennt werden kann.

[00168] Diese Affinität von Ethylbenzol zu PS im Vergleich zu früheren Ergebnissen mit p-Cymol zu PS war unerwartet. Zwar möchten wir nicht durch eine Theorie eingeschränkt sein, jedoch können sich beispielsweise Vorteile beim Wiederverwerten bieten, da Ethylbenzol die Polymerketten noch besser trennt und daher Verunreinigungen wie Mineralöle, Flammschutzmittel usw. leichter entfernt werden können. Außerdem hat Ethylbenzol eine Siedetemperatur (136,2 °C), die niedriger als die von Cymol (177 °C) ist, sodass im Falle eines geringfügigen Verbleibens im Polystyrol ein Durchschicken durch einen Ofen unter Vakuum bei einer geeigneten Temperatur das meiste restliche Lösungsmittel verdampfen und so mit weniger Energie eine bessere Qualität des endgültigen PS herstellen könnte.

[00169] Zwar wurde eine Beschreibung unter besonderer Bezugnahme auf die spezifischen Ausführungsformen vorgenommen, jedoch versteht es sich, dass dem Fachmann zahlreiche Modifikationen davon offensichtlich sind. Dementsprechend sollten die obige Beschreibung und die beigefügten Zeichnungen als spezifische Beispiele und nicht in einem einschränkenden Sinne genommen werden.

Ansprüche

1. Kombinierte Verwendung von Ethylbenzol und einem Nichtlösungsmittel mit einem Siedepunkt von 98 °C bis 110 °C bei einem Druck von 1 atm zum Wiederverwertern von Polystyrol, wobei das Nichtlösungsmittel ein Alkan, oder eine Mischung von Alkanen ist und wobei Ethylbenzol zum Auflösen von Polystyrol verwendet wird und das Nichtlösungsmittel zum Ausfällen von Polystyrol als Paste verwendet wird.
2. Verwendung nach Anspruch 1, wobei die Ausfällung von Polystyrol am Siedepunkt des Nichtlösungsmittels durchgeführt wird.
3. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei das Nichtlösungsmittel Heptan ist.
4. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei Polystyrol aus einer Mischung ausfällt wird, die Ethylbenzol, Heptan und Polystyrol umfasst und eine Temperatur von etwa 98 °C aufweist.
5. Mischung zur Herstellung eines wiederverwerteten Polystyrols, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischung Polystyrol, Ethylbenzol und ein Nichtlösungsmittel mit einem Siedepunkt von 98 °C bis 110 °C bei einem Druck von 1 atm umfasst, wobei das Nichtlösungsmittel ein Alkan, oder eine Mischung von Alkanen ist und wobei Ethylbenzol zum Auflösen von Polystyrol verwendet wird und das Nichtlösungsmittel zum Ausfällen von Polystyrol als Paste verwendet wird.
6. Mischung nach Anspruch 5, wobei das Nichtlösungsmittel Heptan ist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

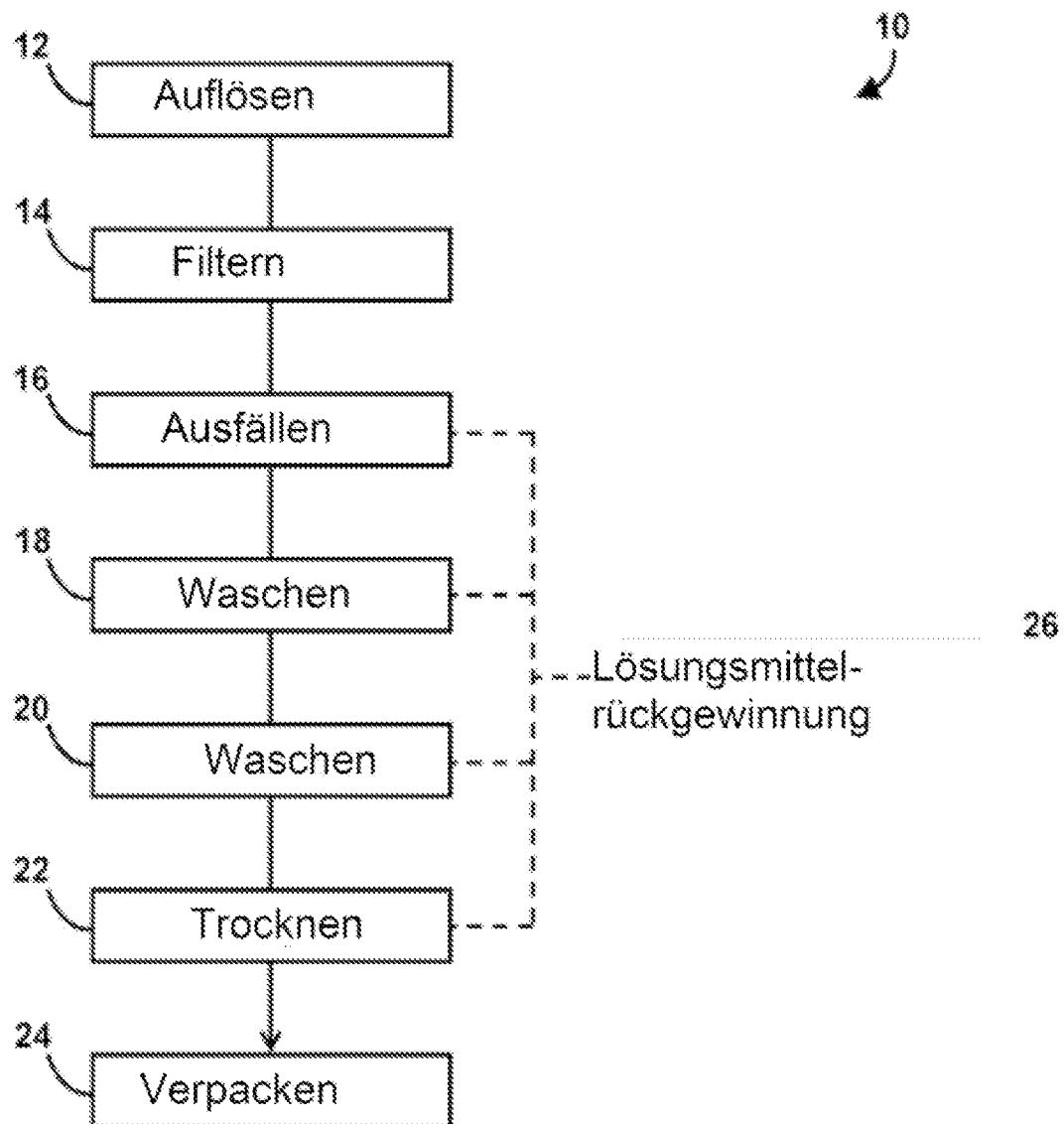


FIG. 1

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: C08J 11/08 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC: C08J 11/08 (2021.05); C08J 2325/06 (2013.01)		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): C08J		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI, Volltext-Patentdatenbanken		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 21.04.2022 eingereichten Ansprüchen 1–7 erstellt.		
Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	US 3043785 A (WRIGHT PALMER W. et al.) 10. Juli 1962 (10.07.1962) Spalte 3, Zeile 60 – Spalte 4, Zeile 2; Ansprüche 1 und 11	1–3, 6
Y	WO 2016049782 A1 (POLYSTYVERT INC.) 07. April 2016 (07.04.2016) [0141]–[0153]	1–7
Y	DE 4319180 A1 (BASF AG) 13. Jänner 1994 (13.01.1994) Spalte 1, Zeilen 35–43; Spalte 2, Zeilen 2–5	1–7
Datum der Beendigung der Recherche: 30.04.2024		Seite 1 von 1
Prüfer(in): ENGLISCH Julia		
¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente:		
X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfunderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.		
Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfunderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.		
A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „ älteres Recht “ hervorgehen könnte (früheres Anmelde datum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		