



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **718 174 B1**

(51) Int. Cl.: **B29B** **17/02** (2006.01)
C08J **11/08** (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 001595/2020

(22) Anmeldedatum: 16.12.2020

(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.06.2022

(24) Patent erteilt: 31.07.2024

(45) Patentschrift veröffentlicht: 31.07.2024

(73) Inhaber:
ALPLA-Werke Alwin Lehner GmbH & Co. KG,
Allmendstrasse
6971 Hard (AT)

(72) Erfinder:
Robert Siegl, 6850 Dornbirn (AT)

(74) Vertreter:
Swisspat Riederer Hasler Patentanwälte AG,
Elestastrasse 8
7310 Bad Ragaz (CH)

(54) **Recycling-Verfahren für verunreinigte Polyolefine.**

(57) Die Erfindung betrifft ein Recycling-Verfahren zur Herstellung eines Polyolefin-Rezyklats, aufweisend die Entfernung von Verunreinigungen aus einem verunreinigten Polyolefin-Material, bei welchem ein verunreinigtes Polyolefin-Material in einem Quellschritt mittels eines Lösungsmittels aufgequollen wird, um im verunreinigten Polyolefin-Material vorhandene Verunreinigungen im Lösungsmittel zu lösen und das Lösungsmittel und die im Lösungsmittel gelösten Verunreinigungen aus dem Polyolefin-Material zu entfernen. Erfindungsgemäss wird vor dem Quellschritt ein Waschschrift mit Wasser, Reinigungsmitteln und/oder Lauge durchgeführt. Das verunreinigte Polyolefin-Material wird durch das Quell/Lösungsmittel Recycling-Verfahren so verändert, i) dass die niedrigmolekularen Ketten unter 2000 Daltons, zu mehr als 90% entfernt bzw. ausgewaschen werden, und dadurch die mittlere molekulare Kettenlänge des Polyolefin-Rezyklats angehoben wird und ii) dass die Schmelze-Volumenflussrate MVR des Polyolefin-Rezyklats auf eine vorbestimmte MVR reduziert wird.

Beschreibung**Gebiet der Erfindung**

[0001] Die Erfindung betrifft ein Recycling-Verfahren zur Herstellung eines Polyolefin-Rezyklats gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Polyolefin-Rezyklat.

Stand der Technik

[0002] HDPE (High Density Polyethylen) Material baut während dem Verarbeitungsprozess und später im Laufe der Zeit je nach Stabilisierung und Belastung immer weiter ab, d.h. das Molekulargewicht des HDPEs nimmt immer weiter ab. Durch gängige mechanische Recycling-Verfahren wird dieser Abbau des Molekulargewichtes nicht wieder kompensiert. Zwar sind aus der Literatur Kompensierungsverfahren bekannt. Diese sind jedoch aufgrund des hohen technischen Aufwands wie Aufbringen von hohen Drücken oder Zuführen von speziellen Katalysatoren wirtschaftlich nicht interessant.

[0003] HDPE Stabilisatoren bzw. Antioxidantien wie Irganox 1010 oder Irgafos 168, die dem Ausgangsmaterial zwischen 500 und 3000 mg/kg beigemischt sind, verlieren durch Ihre Reaktionsmechanismen z.B. mit Sauerstoff und Radikalen ihre Wirkung. Nach jeder thermischen Belastung und damit jeder weiteren Verwendung im Zyklus müssen Stabilisatoren und Antioxidantien ergänzt werden, um die Eigenschaften des Ausgangsmaterials zu erreichen. Allerdings werden Stabilisatoren und Abbauprodukte wie bspw. das 3,5-Di-tert butyl-4-hydroxybenzaldehyd aus Irganox 1010 durch die bekannten Recycling-Verfahren nicht oder nur unzureichend entfernt und verbleiben im Recyclingmaterial. Diese Akkumulation von Stabilisatoren und deren Abbauprodukte sind jedoch in der Anwendung von Lebensmittelverpackungen problematisch, da sie die Lebensmittel kontaminieren können oder den Geschmack der Lebensmittel nachteilig beeinflussen können.

[0004] HDPE Material ist am Markt mit unterschiedlichsten Farben vertreten, wobei die Pigmente durch die üblichen mechanischen Recycling Verfahren nicht entfernt werden können. Entsprechend muss für jede Farbe ein eigener Recyclingstrom geschaffen werden. Allerdings scheitert dieser Ansatz, da eine Mindestmenge an HDPE-Material einer Farbe nicht erreicht wird und damit ein Recycling unwirtschaftlich ist.

[0005] HDPE Material nimmt über die Zeit über Migration Verunreinigungen wie bspw. Nonenal und/oder Nonanal auf, welche in der Regel den Geruch negativ beeinflussen. Auch entstehen im HDPE selbst Abbauprodukte, die den Geruch negativ beeinflussen. Abbauprodukte können bspw. Buttersäure oder Valeriansäure sein. Buttersäure kann dadurch entstehen, dass der zu rezyklierende Behälter mit einem Milchprodukt gefüllt war oder auch durch Carnauba-Wachs, welches häufig als Entformungsmittel verwendet wird und unter Einwirkung von Sonne zu Buttersäure abbaut. Wie bereits ausgeführt, werden durch gängige Recycling-Verfahren in das zu rezyklierende Material migrierte Abbauprodukte nicht oder nur unzureichend entfernt. Daher ist Material aus den üblichen mechanischen HDPE Recycling-Verfahren oft von einem schlechten Geruch begleitet.

[0006] HDPE Materialien geben ihre Kontaminationen nur langsam ab, sodass die meisten und üblichen mechanischen Recycling-Verfahren kein Rezyklat bereitstellen können, welches einen direkten Kontakt mit Lebensmittel erlaubt. Beispielsweise werden in Behältern aus Polyolefinen bevorzugt aus HDPE Treibstoffe und Öle gelagert. Hierdurch werden Konzentrationen von Benzol und weitere MOAH (Mineral Oil Aromatic Hydrocarbons) von 5000 bis 10000 mg/kg Polyolefin in den Behälterwandungen erreicht. Für den Lebensmittelkontakt müssen derartige Kontaminationen in ausreichender Menge durch das Verfahren entfernt werden, um eine Anwendung des regenerierten HDPEs als Lebensmittelverpackung zu ermöglichen.

[0007] HDPE Materialien enthalten sehr niedrig molekulare Ketten (Oligomere, POSH (polyolefin oligomeric saturated hydrocarbons), POAH) unter 2000 Dalton, welche als wachsartig oder ölastig unangenehm riechendes Aroma wahrgenommen werden bzw. Lebensmittel kontaminieren. Mechanische Recycling-Verfahren können nicht diese niedrig molekularen Ketten nicht ausreichend entfernen, bauen das zu rezyklierende Material jedoch weiter ab und erhöhen damit von Rezyklierungszyklus zu Rezyklierungszyklus die Anzahl der niedrig molekulare Ketten.

Aufgabe der Erfindung

[0008] Somit kann eine Aufgabe darin bestehen, ein kostengünstiges Verfahren zur Herstellung von rezykliertes HDPE Material zu schaffen, welches als Lebensmittelverpackung verwendbar ist.

Beschreibung

[0009] Die Lösung der gestellten Aufgabe gelingt bei einem Recycling-Verfahren zur Herstellung eines Polyolefin-Rezyklats durch die im kennzeichnenden Abschnitt des Patentanspruchs 1 angeführten Merkmale. Weiterbildungen und/oder vorteilhafte Ausführungsvarianten sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

[0010] Es wird ein Recycling-Verfahren zur Herstellung eines Polyolefin-Rezyklats vorgeschlagen. Das Recycling-Verfahren weist die Entfernung von Verunreinigungen aus einem verunreinigten Polyolefin-Material auf, bei welchem das verunreinigte Polyolefin-Material in einem Quellschritt mittels eines Lösungsmittels aufgequollen wird, um im verunreinigten Polyolefin-Material vorhandene Verunreinigungen im Lösungsmittel zu lösen und das Lösungsmittel und die im Lösungsmittel gelösten Verunreinigungen aus dem verunreinigten Polyolefin-Material zu entfernen. Vor dem Quellschritt wird ein Wasch-

schritt mit Wasser, Reinigungsmitteln und/oder Lauge durchgeführt und das verunreinigte Polyolefin-Material durch das Quell/Lösungsmittel Recycling-Verfahren so verändert, (i) dass die niedrigmolekularen Verunreinigungen unter 2000 Dalton, zu mehr als 90 Gewichtsprozent entfernt bzw. ausgewaschen werden, und dadurch die mittlere molekulare Kettenlänge des Polyolefins angehoben wird und (ii) dass die Schmelze-Volumenflussrate (MVR) des Polyolefin-Rezyklats, welche durch Abbau und Alterung gestiegen ist, auf eine vorbestimmte MVR reduziert wird. Die in dem zu regenerierenden oder zu rezyklierenden verunreinigten Polyolefin-Material enthaltenen Kontaminationen können in überraschender Weise besonders leicht aus dem verunreinigten Polyolefin-Material entfernt werden. Die Reinigungseffizienz bezieht sich auf die Konzentration der Verunreinigungen vor dem Waschverfahren gegenüber der Konzentration nach dem Quellverfahren, genauer nach der Entfernung des Lösungsmittels und der im Lösungsmittel gelösten Verunreinigungen. Je nach Anteil der niedermolekularen Verunreinigungen können 0,5g bis 5g pro kg verunreinigtes Polyolefin-Material durch das vorgeschlagene Verfahren abgetrennt werden. Die vorbestimmte MVR für die Fertigung unterschiedlicher Produkte ist nicht notwendigerweise immer gleich. Die MVR des Polyolefin-Rezyklats kann beispielsweise auf das MVR des Polyolefin-Materials vor der Erstverarbeitung reduziert werden, also auf die MVR, die das virgin Polyolefin (im weiteren „Neumaterial“ genannt) hat, bevor es im Extruder erstmals aufgeschmolzen wird. Je nach gewünschter Verwendung des rezyklierten, regenerierten bzw. recycelten Polyolefin-Materials kann die gewünschte MVR unterschiedlich sein. Vielmehr noch kann die MVR derart eingestellt werden, dass aus dem rezyklierten Polyolefin-Material Folien, Fäden, Stäbe, Platten, Rohre, Spritzteile oder Hohlkörper fertigbar sind. Idealerweise ist die MVR des Polyolefin-Rezyklats gleich der MVR des Polyolefin-Materials vor der Erstverarbeitung. Der Grad und die Schnelligkeit der Entfernung der niedrigmolekularen Verunreinigungen unter 2000 Dalton kann durch die Verweildauer des verunreinigten Polyolefin-Materials in dem Lösungsmittel, die Temperatur des Lösungsmittels und durch Beaufschlagung mit Druck beeinflusst werden. So können die niedrigmolekularen Verunreinigungen unter 2000 Dalton bei einer Lösungsmitteltemperatur von 150°C und 12 bar Druck innerhalb von 25 Minuten zu 100% aufgequollen werden. Ein regeneriertes bzw. recyceltes Polyolefin-Material ist auch unter der Bezeichnung „Post-Consumer-Rezyklat (PCR)“ bekannt.

[0011] Der Unterschied zu den am Markt erhältlichen regenerierten Polyolefin-Materialien liegt in der Molekulargewichtsverteilung: Die derzeit am Markt befindlichen mechanischen Verfahren können die niedrigmolekularen Verunreinigungen unter 2000 Dalton in dem verunreinigten Polyolefin-Material nicht reduzieren. Vielmehr reichern sich von Recyclingzyklus zu Recyclingzyklus die niedrigmolekularen Verunreinigungen unter 2000 Dalton in dem rezyklierten Polyolefin-Material an. Durch die Anreicherung des recycelten Polyolefin-Materials mit den niedrigmolekularen Verunreinigungen unter 2000 Dalton erhöht sich der MVR. Mit dem vorgeschlagenen Verfahren lässt sich hingegen durch die Entfernung der niedrigmolekularen Verunreinigungen unter 2000 Dalton das mittlere Molekulargewicht des Polyolefin-Materials erhöhen und dementsprechend erniedrigt sich die MVR.

[0012] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform werden Stabilisatoren und Antioxidantien und deren Reaktionsprodukte unter 2000 Dalton zu mehr als 90% aus dem aus dem verunreinigten Polyolefin-Material entfernt und neue Stabilisatoren und Antioxidantien in das Polyolefin-Rezyklat eingebracht. Antioxidantien bzw. Alterungsschutzmittel sind beispielsweise unter den Handelsnamen Irganox 1010 oder Irgafos 168 bekannt. Der Unterschied zu den sich derzeit am Markt befindlichen Polyolefin-Rezyklaten aus einem herkömmlichen mechanischen Recycling-Verfahren besteht also in der Entfernung der Stabilisatoren (Antioxidantien) aus dem zu rezyklierendem Polyolefin-Material. Beispielsweise Irganox 1010 besitzt 292 Dalton und wird dem Neumaterial zwischen 500 mg und 3000mg pro kg Neumaterial zugesetzt. Ein typisches Reaktionsprodukt aus Irganox 1010 ist 3,5-Di-tert butyl-4-hydroxybenzaldehyd. Durch das vorgeschlagene Verfahren kann der Anteil des 3,5-Di-tert butyl-4-hydroxybenzaldehyd auf weniger als 50 mg pro kg Polyolefin-Rezyklat reduziert werden. Entsprechend der Verwendung können dann dem Polyolefin-Rezyklat neue und frische Stabilisatoren von etwa 450 mg bis etwa 2950 mg pro kg Polyolefin-Rezyklat zugeführt sein. Damit besitzt das Polyolefin-Rezyklat zumindest im Wesentlichen die gleichen Eigenschaften wie das Neumaterial.

[0013] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel verlieren in dem verunreinigten Polyolefin-Material vorhandene gekapselte Farbstoffe die Schutzwirkung der Kapsel, indem die Kapsel durch das Lösungsmittel aufgelöst und/oder aufgebrochen wird und die farbaktiven Moleküle unter 2000 Dalton durch das Verfahren zu über 90% aus dem verunreinigten Polyolefin-Material ausgewaschen werden. Typischerweise werden dem zu färbenden Polyolefin-Material 1 Gewichtsprozent Farbmasterbatch pro kg Polyolefin-Material zugegeben. In dem vorliegenden Beispiel befinden sich in dem Farbmasterbatch 20 Gewichtsprozent Solvent red 111 (C15H11NO2 CAS 82-38-2) mit einem Molekulargewicht von 237 Dalton. Durch das vorgeschlagene Recycling-Verfahren können von den ursprünglich vorhandenen 2000 mg Solvent red 111 pro kg Polyolefin-Material mindestens 1800 mg Solvent red 111 pro kg Polyolefin-Material entfernt werden. Durch das vorgeschlagene Recycling-Verfahren können neben Solvent red 111 unter anderem die folgenden Farbstoffe aus dem zu regenerierenden verunreinigten Polyolefin-Material ausgewaschen werden: Solvent yellow 93, 114, Solvent red 242, 179, 195, Solvent green 3, 5, 28, Solvent blue 101, 36, 97, 35, 104 und Kalziumcarbonat für deckende Farbtöne. Kapseln aus Polystyrol, Polyamid, Polyester und SiOx können durch Lösungsmittel, beispielsweise Aceton, Laugen oder Alkohole, aber auch Hitze, Druck oder Strahlung zum Aufbrechen oder Auflösen gebracht werden. Das gemäss dem vorgeschlagenen Recycling-Verfahren gewonnene Polyolefin-Rezyklat kann neu eingefärbt werden. Durch die bekannten mechanischen Recyclingprozesse werden die oben genannte Farbstoffe nicht oder nur unzureichend entfernt.

[0014] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden Rückstände von Mineralölen wie MOAH (Mineral Oil Aromatic Hydrocarbons) und MOSH (Mineral Oil Saturated Hydrocarbons) zusammen mit den im Polyolefin natürlich vorkom-

menden POAH (Polyolefin aromatic Hydrocarbons) und POSH (Polyolefin saturated Hydrocarbons) mit einem Molekulargewicht unter 500 Dalton zu mehr als 99% aus dem verunreinigten Polyolefin-Material ausgewaschen bzw. entfernt. Am Markt befindliche mechanisch gereinigte Polyolefin-Rezyklate besitzen unerwünschte Verunreinigungen durch Hydrocarbons, welche durch die Verarbeitung des Verpackungsmaterials (Druckerfarbe, Mineralöle von Verarbeitungsmaschinen usw.) oder im Neumaterial bereits natürlich vorkommen.

[0015] In einer weiteren Ausführungsform werden jede Modellkontaminationen Toluol, Chlorbenzol, Phenylcyclohexan, Benzophenon und Methylstearat zu über 90% aus dem verunreinigten Polyolefin-Material entfernt. Unter Modellkontamination versteht man das Anreichern des zu regenerierende Polyolefin-Material mit besagten Kontaminationen in Konzentrationen von 500 mg bis 1500 mg pro kg zu regenerierende Polyolefin-Material. Um den vorgeschriebenen Test der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) zur Zulassung als lebensmittelechter Kunststoff zu bestehen, ist verpflichtend, dass mindestens 90% jeder Modellkontamination durch das Recycling-Verfahren entfernt wird. Versuche haben ergeben, dass durch das vorgeschlagene Recycling-Verfahren beispielsweise eine Kontamination mit Chlorbenzol und/oder Toluol von 1000 mg pro kg zu rezyklierendes Polyolefin-Material eine Anreicherung bis auf 5 mg pro kg Polyolefin-Rezyklat entfernt werden konnte und damit 99,5 Gewichtsprozent. Im Gegensatz dazu besteht mechanisch gereinigtes HDPE Recycling Material des Stands der Technik den Test der EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) in der Regel nicht, welcher für die sichere Anwendung des Materials bei Lebensmittelkontakt durchgeführt wird. Lediglich bei geringen Kontaminationen und sortenreinen Strömen von zu regenerierendem Polyolefin-Material, wie dies beispielsweise bei den HDPE-Verpackungen für Milch in Großbritannien der Fall ist, kann das Polyolefin-Rezyklat aus mechanischen Recycling-Verfahren nach dem Stand der Technik den EFSA-Test bestehen.

[0016] Zweckmässigerweise werden Weichmacher die zum Teil in Weich PVC eingesetzt werden, insbesondere Orthophthalate, insbesondere DEHP zu über 90% aus dem durch PVC verunreinigten Polyolefin-Material entfernt. Polyolefin-Material nimmt diese Weichmacher sehr gut auf und deshalb sind diese Weichmacher, obwohl primär nicht Bestandteil von Neumaterial, auch in nachteiliger Weise im bekannten mechanisch gereinigten Polyolefin-Rezyklat vorhanden.

[0017] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel ist eine Konzentration von DEHP im Polyolefin-Rezyklat kleiner als 0,1 mg pro kg Polyolefin -Rezyklat.

[0018] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel werden geruchsaktive Carbonverbindungen unter 500 Daltons, z.B. Carbonsäuren, insbesondere Buttersäure und Valeriansäure, geruchsaktive gesättigte und ungesättigte Aldehyde, insbesondere Nonanal u. Nonenal, geruchsaktive Laktone wie beispielsweise Nonalacton und/oder ϵ -Caprolacton sowie geruchsaktive Terpene wie beispielsweise Limonen und/oder p-Cymol um mehr als 90% aus dem verunreinigten Polyolefin-Material entfernt.

[0019] Limonen ist eine der Hauptkomponenten in der Geruchs Wahrnehmung von Citrusfrüchten und in Limonaden einer der wichtigsten Komponenten. Bei Polyolefinen spielen Limonaden eine untergeordnete Rolle, jedoch Reinigungsmittel mit einem Citrus oder Orangen Aroma auf Basis von Limonen, das dem Reinigungsmittel über 1000mg Limonen pro Liter beigelegt wird. Eine typische Limonen Kontamination im Polyolefinmaterial kann dadurch z.B. bei 600 ppm liegen, und durch das Verfahren unter 6ppm reduziert werden.

[0020] Im Gegensatz dazu besitzen standardmässig mechanisch recyceltes Polyolefin-Material, daraus hergestelltes Granulat und aus diesem produzierte Behälter oft einen sehr unangenehmen Geruch, der sich auf den Geschmack der in diesen Behältern aufbewahrten Lebensmittel auswirkt.

[0021] Es hat sich gezeigt, dass durch das vorgeschlagenen Recycling-Verfahren Nonenal, Nonanal und Nonalacton im Polyolefin-Rezyklat, insbesondere in einem HDPE-Rezyklat, jeweils auf weniger als 0,1 mg pro kg Polyolefin-Rezyklat, insbesondere HDPE-Rezyklat, reduziert wird.

[0022] Als vorteilhaft erweist es sich, wenn das Lösungsmittel n-Hexan oder n-Heptan oder eine Mischung daraus ist. Diese Lösungsmittel haben sich als besonders effizient mit einer grossen Breitbandwirkung zur Entfernung niedrigmolekularen Verunreinigungen unter 2000 Dalton, insbesondere der oben beschriebenen Verunreinigungen, herausgestellt. Darüber hinaus ist dieses Lösungsmittel aus dem Polyolefin-Rezyklat praktisch rückstandsfrei abtrennbar.

[0023] Mit Vorteil wird das verunreinigte Polyolefin-Material bei einer Temperatur von etwa 10°K unterhalb der Schmelztemperatur des zu regenerierenden Polyolefin-Materials und einem Druck zwischen 1 und 1000 bar mittels des Lösungsmittels aufgequollen, wodurch 99,9% an dem zu regenerierenden Polyolefin-Material vorhandene Biofilme und Keime abgetötet werden. Dadurch können nicht nur die mittlere molekulare Kettenlänge des regenerierten Materials erhöht werden und Verunreinigungen entfernt werden, sondern es lässt sich auch ein für die Abfüllung von Lebensmitteln geeignetes Polyolefin-Rezyklat herstellen.

[0024] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein gereinigtes Polyolefin-Material, respektive Polyolefin-Rezyklat, hergestellt nach dem oben beschriebenen Recycling-Verfahren, wobei das Polyolefin-Rezyklat vorzugsweise in der Form eines Granulats vorliegt. Dieses regenerierte Polyolefin-Material hat nahezu die Eigenschaften von Neumaterial und ist daher in seiner Qualität Recycling-Materialien, die in einem mechanischen weit überlegen.

[0025] In vorteilhafter Weise enthält das Polyolefin-Rezyklat weniger als 50 mg 3,5-Di-tert butyl-4-hydroxybenzaldehyd pro kg Polyolefin-Rezyklat.

[0026] Es versteht sich, dass Weiterbildungen und vorteilhafte Ausführungsformen, die anhand des Recycling-Verfahrens beschrieben sind, auch, wo sinnvoll, für das mittels des Recycling-Verfahrens hergestellte Polyolefin-Rezyklat gelten, und umgekehrt.

Patentansprüche

1. Recycling-Verfahren zur Herstellung eines Polyolefin-Rezyklats durch Entfernung von Verunreinigungen aus einem verunreinigten Polyolefin-Material, bei welchem das verunreinigte Polyolefin-Material in einem Quellschritt mittels eines Lösungsmittels aufgequollen wird, um im verunreinigten Polyolefin-Material vorhandene Verunreinigungen im Lösungsmittel zu lösen und das Lösungsmittel und die im Lösungsmittel gelösten Verunreinigungen aus dem verunreinigten Polyolefin-Material zu entfernen,
dadurch gekennzeichnet,
dass vor dem Quellschritt ein Waschschrift mit Wasser, Reinigungsmitteln und/oder Lauge durchgeführt wird und dass mit dem Lösungsmittel im Quellschritt i) die niedrigmolekularen Verunreinigungen unter 2000 Dalton und Abbauprodukte des verunreinigten Polyolefin-Materials zu mehr als 90 Gewichtsprozent entfernt insbesondere ausgewaschen werden und dadurch die mittlere molekulare Kettenlänge des Polyolefin-Rezyklats angehoben wird und ii) dass die Schmelze-Volumenflussrate MVR des Polyolefin-Rezyklats auf eine vorbestimmte MVR reduziert wird.
2. Recycling-Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass neue Stabilisatoren und Antioxidantien in das Polyolefin-Rezyklat nach dem Quellschritt eingebracht werden.
3. Recycling-Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in dem verunreinigten Polyolefin-Material vorhandene gekapselte Farbstoffe die Schutzwirkung der Kapsel verlieren, indem die Kapsel durch das Lösungsmittel aufgelöst und/oder aufgebrochen wird und die farbaktiven Moleküle unter 2000 Dalton zu über 90% ausgewaschen werden, wobei als Lösungsmittel Aceton, Laugen oder Alkohole verwendet wird.
4. Recycling-Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Lösungsmittel n-Hexan oder n-Heptan oder eine Mischung daraus ist.
5. Recycling-Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das verunreinigte Polyolefin-Material bei einer Temperatur von etwa 10°K unterhalb der Schmelztemperatur des zu regenerierenden Polyolefin-Materials und einem Druck zwischen 1 und 1000 bar mittels des Lösungsmittels aufgequollen wird, wodurch 99,9% an dem zu regenerierendem Polyolefin-Material vorhandene Biofilme und Keime abgetötet werden.
6. Polyolefin-Rezyklat, hergestellt durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Polyolefin-Rezyklat vorzugsweise in der Form eines Granulats vorliegt.