



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 055 765 B4** 2010.04.29

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 055 765.7**
 (22) Anmeldetag: **11.12.2007**
 (43) Offenlegungstag: **18.06.2009**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **29.04.2010**

(51) Int Cl.⁸: **B03C 7/12** (2006.01)
B29B 17/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V., 01069 Dresden, DE; Technische Universität Bergakademie Freiberg, 09599 Freiberg, DE

(74) Vertreter:

Patentanwälte Rauschenbach, 01187 Dresden

(72) Erfinder:

Gohs, Uwe, 01129 Dresden, DE; Albrecht, Victoria, 01277 Dresden, DE; Husemann, Klaus, 09599 Freiberg, DE; Reinsch, Edith, 09599 Freiberg, DE; Schünemann, Ralf, 09599 Freiberg, DE; Simon, Frank, 01099 Dresden, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

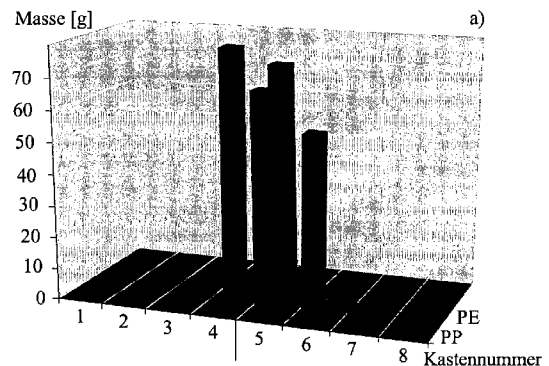
US	2004/00 35 757	A1
US	2004/00 04 033	A1
DE	101 57 032	A1
US	64 60 788	B1
US	59 34 577	A
JP	09-2 62 556	A
WO	93/09 172	A1
DE	29 00 666	C2

CAPLUS - Abstract 1976:169637

CAPLUS - Abstract 1976:169640

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur elektrostatischen Trennung von Kunststoffgemischen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur elektrostatischen Trennung von Kunststoffgemischen, bei dem das Kunststoffgemisch, welches zum überwiegenden Teil aus einem Gemisch aus zerkleinerten Polyolefinteilchen besteht, einer Elektronenbestrahlung bis maximal 10 MeV unterworfen wird und nachfolgend das Kunststoffgemisch mindestens einer triboelektrischen Aufladung unterworfen und anschließend mindestens die Polyolefine im Wesentlichen sortenrein getrennt ausgetragen werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf die Gebiete der Chemie und der Abfallwirtschaft und betrifft ein Verfahren zur elektrostatischen Trennung von Kunststoffgemischen, welches beispielsweise für die Trennung von Kunststoffabfällen aus der Automobil- und Elektroindustrie zur Anwendung kommen kann.

[0002] Zunehmend wird dazu übergegangen, auch Kunststoffabfälle neben einer thermischen Entsorgung auch roh- und werkstofflich wiederzuverwerten. Allerdings liegen Kunststoffabfälle meist als Verbund oder als Gemisch verschiedener Kunststoffe vor. Für eine werkstoffliche Verwertung der Kunststoffabfälle ist eine Trennung in sortenreine Komponenten zwingend notwendig.

[0003] Bisher ist die wertstoffliche Nutzung von Kunststoffrecyclaten stark eingeschränkt, da für ihre Verarbeitung zu qualitativ hochwertigen Produkten, d. h. Produkten mit einer hohen Wertschöpfung, nur ungenügend sortenreine Kunststofffraktionen zur Verfügung gestellt werden können und/oder der Sortieraufwand für hinreichend sortenreine Fraktionen jeden akzeptablen Kostenrahmen sprengt.

[0004] Aufgrund der Unmischbarkeit der meisten Kunststoffe untereinander ist eine hohe Unverträglichkeit der einzelnen Kunststofftypen untereinander sowohl in der Schmelze als auch im finalen Formteil gegeben, was insbesondere zu Problemen bei mechanischer Belastung der Produkte aus Recyclingmaterial führt.

[0005] Eine bekannte Möglichkeit, Kunststoffabfallgemische effektiv zu trennen, besteht in der triboelektrischen Aufladung der zu Granulaten zerkleinerten Kunststoffabfälle und ihrer anschließenden stoffspezifischen Trennung durch Elektrosortierung in einem elektrostatischen Freifallscheider (Schubert, G. u. a.: DFG-Sonderforschungsbereich 285 7/1995-12/2004; Schubert, G. u. a.: Abschlußbericht zum Sonderforschungsbereich 285; Husemann, K. u. a.: Shaker-Verlag, Reihe Berichte aus der Verfahrenstechnik, Aachen (2004), S. 183–212). Die Elektrosortierung liefert bei optimierten Verfahrensbedingungen (z. B. Aufladezeit, Luftgeschwindigkeit, relative Luftfeuchte, Temperatur, Feldstärke, Anzahl der zu trennenden Komponenten, Art der Vorbehandlung der Kunststoffgemische) Fraktionen hoher Sortenreinheit. Mechanistische Untersuchungen erlauben eine Vorhersage über Trennerfolge bei der Elektrosortierung von Kunststoffgemischen (Albrecht, V. u. a.: J. Electrostatics 58 (2003) 3; Augsburg, A. u. a.: J. Electrostatics, Special Issue (1997) 76; Albrecht, V. u. a.: "Polymerwerkstoffe 2002", Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Band 1 (2002) 569–572; Albrecht, V. u. a.: Chemie-Ingenieur-Technik 74 (2002) 1425).

[0006] Prinzipiell können Kunststoffgemische nach einer triboelektrischen Aufladung in einem elektrostatischen Feld getrennt werden. Der geringe Energieaufwand, der hierzu notwendig ist, stellt einen entscheidenden wirtschaftlichen Vorteil gegenüber anderen Trennverfahren zur Kunststoffsortierung dar. Für eine Trennung werden die Verbundwerkstoffe und andere Kunststoffabfälle zunächst auf eine Korngröße von einigen Millimetern zerkleinert. Die triboelektrische Aufladung der Granulate erfolgt in Aufladeeinheiten unterschiedlicher Bauart (z. B. Drehtrommel, Wirbelschicht- oder Schüttelapparatur). Während des Aufladevorgangs werden die Teilchen des zu trennenden Gemischs mechanisch kontaktiert (Stoß). Dabei laden sie sich stoffspezifisch positiv oder negativ elektrostatisch auf. Die aufgeladenen Teilchen separieren stoffspezifisch entsprechend ihrer Aufladung beim Durchgang durch das Feld eines elektrostatischen Freifallscheiders.

[0007] Gut trennbar sind Gemische, deren Komponenten sich triboelektrisch stark und mit umgekehrten Vorzeichen aufladen.

[0008] Trennprobleme bringen Kunststoffkomponenten, die sich nicht oder nur geringfügig aufladen. Kunststoffgemische aus solchen Komponenten lassen sich nicht sortenrein trennen. Zu diesen Kunststoffgemischen gehören auch Polyolefingemische, wie Polyethylen/Polypropylen und andere. Diese Polyolefingemische stellen aufgrund ihres hohen Produktionsvolumens und ihres weiten Anwendungsbereichs die Hauptkomponente des Gesamtaufkommens bei Kunststoffabfällen dar.

[0009] Kunststoffgemische, die aus Polyolefinen, insbesondere aus Polyethylen- und Polypropylentypen bestehen, lassen sich nicht durch die konventionelle elektrostatische Aufladung hinreichend sortenrein trennen.

[0010] Auch vorbereitende Verfahrensschritte, wie das Waschen der Polyethylen/Polypropylen-Gemische, die Adsorption von Tensiden oder Polyelektrolyten, das Besprühen mit Laugen oder Säuren führen zu keiner befriedigenden Sortenreinheit nach der erfolgten Elektrosortierung.

[0011] Der Farbstoff Nigrosin, der aus Lösung auf die zu trennenden Polyethylen/Polypropylen-Gemische aufgebracht wird, ermöglicht das Aufladeverhalten der einzelnen Fraktionen so zu beeinflussen, dass eine sortenreine Trennung möglich ist (Németh, E.: Dissertation, Technische Universität Bergakademie Freiberg, 2003; Németh, E. u. a.: Aufbereitungstechnik 45 (2005) 35–46; Stückrad, O.: Dissertation, Technische Universität Clausthal, 1996).

[0012] Der Nachteil dieses Verfahrens besteht im Aufbringen des intensiven Farbstoffs, der in der wei-

teren Aufarbeitung der sortenreinen Polyethylen- bzw. Polypropylen-Komponenten nicht oder nur mit erheblichem technologischem Aufwand entfernt werden kann.

[0013] Als effizienter für die Trennung von Polyethylen/Polypropylen-Gemischen erwies sich eine Vorbehandlung der Gemische mit einem Sauerstoff-Niederdruckplasma, wobei sich der Vorbehandlung eine bestimmte Lagerungszeit ($t > 2$ h) anschließen muss (DE 10 2004 024 754 A1). Eine Behandlung mit Luft- oder Stickstoffplasmen führt zu einer erschwerten Separierbarkeit der Polyethylen/Polypropylen-Gemische.

[0014] Da Plasmabehandlungen unter den für die Trennversuche gewählten Bedingungen, nur den oberflächennahen Bereich der Kunststoffgranulate in der Art modifizieren, dass ein Aufbrechen der kristallinen Bereiche eintritt und die Ausbildung weniger polarer funktioneller Gruppen ermöglicht wird (Heydel, B.: Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, 2007), ist mit keiner signifikanten Veränderung der Materialeigenschaften der Polyethylen/Polypropylen-Partikel zu rechnen, so dass einer weiteren werkstofflichen Verwertung der einzelnen Fraktionen über die Schmelze (thermoplastische Verarbeitung) nichts im Wege stehen dürfte.

[0015] Als wesentliche Nachteile der Plasmavorbehandlung müssen die diskontinuierliche Arbeitsweise (Chargenbetrieb) der Plasmabehandlung und die Einbindung eines teuren Vakuumverfahrens gesehen werden.

[0016] Die Behandlung von Kunststoffen, auch von den Polyolefinen Polyethylen und Polypropylen, mit energiereichen Elektronen ist bekannt und wird technisch vielfältig angewandt (Heger, A. u. a.: Technologie der Strahlenchemie von Polymeren. Akademie-Verlag, Berlin (1990).

[0017] Während Polypropylen durch eine Elektronenbehandlung bevorzugt abbaut, neigt Polyethylen vorzugsweise zur Vernetzung. Im Recycling wird die Elektronenbehandlung bisher nur zur Verbesserung der Mischbarkeit genutzt (Czvikovszky, T.: Nucl. Instr. and Method in Phys. Res. B 105, p. 233–237, 1995; Czvikovszky, T. u. a.: Nucl. Instr. and Method in Phys. Res. B 131, p. 300–304, 1997; Czvikovszky, T. u. a.: Rad. Phys. and Chem. 55, p. 727–730, 1999; Burillo, G. u. a.: Rad. Phys. and Chem. 63, p. 241–244, 2002).

[0018] Allen bekannten Lösungen bei der Trennung von Polyolefingemischen ist gemeinsam, dass sie einen erheblichen Aufwand erfordern und damit teuer sind, und/oder die Qualität der Produkte negativ beeinflussen (Eintrag und Anreicherung von Farbstoffen, partielle Oxidation der Polymere).

[0019] Weiterhin sind verschiedene Lösungen bekannt, die Polymere aufgrund der unterschiedlichen Dichte sortieren (US 2004/0035757 A1; US 2004/0004033 A1; US 64 60 788 B1; DE 29 00 666 C2). Diese Verfahren sind jedoch für Polyethylen und Polypropylen nicht anwendbar, da sie sehr ähnliche Dichten aufweisen.

[0020] Auch elektromagnetische Strahlung (DE 101 57 032 A1) und Mikrowellen (JP 09262556 A) wurden zur Sortierung von Partikeln eingesetzt, oder auch Verfahren, mit denen Partikel markiert und später aussortiert wurden (WO 93/09172 A1).

[0021] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur elektrostatischen Trennung von Kunststoffgemischen anzugeben, durch das eine im Wesentlichen vollständig sortenreine Trennung von Kunststoffgemischen realisiert wird.

[0022] Die Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen angegebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0023] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur elektrostatischen Trennung von Kunststoffgemischen wird das Kunststoffgemisch, welches zum überwiegenden Teil aus einem Gemisch aus zerkleinerten Polyolefinteilchen besteht, einer Elektronenbestrahlung bis maximal 10 MeV unterworfen und nachfolgend das Kunststoffgemisch mindestens einer triboelektrischen Aufladung unterworfen und anschließend mindestens die Polyolefine im Wesentlichen sortenrein getrennt ausgetragen werden.

[0024] Vorteilhafterweise wird ein Kunststoffgemisch eingesetzt, welches vollständig aus zerkleinerten Polyolefinteilchen besteht, wobei noch vorteilhafterweise ein Kunststoffgemisch eingesetzt wird, welches zum überwiegenden Anteil und noch vorteilhafterweise vollständig aus zerkleinerten Polyethylen- und Polypropylenteilchen besteht.

[0025] Ebenfalls vorteilhafterweise werden zerkleinerte Kunststoffteilchen mit Abmessungen von $0,5 \times 0,5 \times 0,5 \text{ mm}^3$ bis $5 \times 5 \times 5 \text{ mm}^3$ eingesetzt.

[0026] Weiterhin vorteilhafterweise wird die Elektronenbestrahlung mehrmals nacheinander und/oder mit wechselndem Energieeintrag durchgeführt.

[0027] Und auch vorteilhafterweise wird die Elektronenbestrahlung mit Elektronenströmen von maximal 1 mA durchgeführt.

[0028] Vorteilhaft ist es auch, wenn die Elektronenbestrahlung mit Dosiswerten bis maximal 35 kGy durchgeführt wird.

[0029] Weiterhin vorteilhaft ist es, wenn die Elektro-

nenbestrahlung unter Normalatmosphärenbedingungen bei Raumtemperatur durchgeführt wird.

[0030] Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn die Elektronenbestrahlung unter Vakuum, inerte oder reaktiver Atmosphäre durchgeführt wird.

[0031] Und auch vorteilhaft ist es, wenn die Elektronenbestrahlung in einer Atmosphäre mit einer Luftfeuchtigkeit bis maximal 95% durchgeführt wird.

[0032] Von Vorteil ist es auch, wenn die Elektronenbestrahlung bei Temperaturen von 20 K unterhalb des niedrigsten Schmelzpunktes einer Komponente im Kunststoffgemisch durchgeführt wird.

[0033] Weiterhin von Vorteil ist es, wenn das Kunststoffgemisch nach der Elektronenbestrahlung gelagert wird, vorteilhafterweise wenn eine Lagerung von 10 min bis 30 Tagen und noch vorteilhafterweise von 10 h bis 2 Tagen durchgeführt wird.

[0034] Ebenfalls von Vorteil ist es, wenn das Kunststoffgemisch nach der Elektronenbestrahlung befeuchtet wird.

[0035] Und auch von Vorteil ist es, wenn vor oder nach der Elektronenbestrahlung die Nichtpolyolefinanteile des Kunststoffgemisches abgetrennt werden.

[0036] Vorteilhaft ist es auch, wenn das Kunststoffgemisch einer triboelektrischen Aufladung unterzogen wird, wobei vorteilhafterweise die triboelektrische Aufladung in einer Wirbelkammer in einem Luftstrom mit 1 bis 15 m/s Geschwindigkeit, bei einer relativen Luftfeuchte von 0 bis 95% und einer Temperatur von 0 bis 140°C mit einer Verweilzeit der Kunststoffteilchen von mindestens 10 s durchgeführt wird, und noch vorteilhafterweise die triboelektrische Aufladung in einem Schütteltopf bei einer relativen Luftfeuchte von 0 bis 95% und einer Temperatur von 0 bis 140°C mit einer Verweilzeit der Kunststoffteilchen von mindestens 10 s durchgeführt wird.

[0037] Auch vorteilhaft ist es, wenn die Trennung der Polyolefinteilchen in einem Freifallscheider bei elektrischen Feldstärken von 1 bis 10 kV/cm durchgeführt wird.

[0038] Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn die Trennung von Polyolefinteilchen zu mindestens 99% sortenrein realisiert wird.

[0039] Und weiterhin vorteilhaft ist es, wenn die Trennung von Polyethylen- und Polypropylenteilchen zu mindestens 99% sortenrein realisiert wird.

[0040] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es erstmals möglich, Kunststoffgemische, die zum überwiegenden Teil aus einem Gemisch aus zerkleinerten

Polyolefinteilchen bestehen und die sich bisher triboelektrisch nicht ausreichend aufladen lassen, so sortenrein zu trennen, dass eine Wiederverwendung möglich ist. Dies gilt insbesondere für die sortenreine Trennung von Polyethylen- und Polypropylenteilchen aus einem gemeinsamen Gemisch.

[0041] Die Behandlung von Kunststoffen mit energiereichen Elektronen ist hinlänglich bekannt, wobei insbesondere Polypropylen bekanntermaßen durch eine solche Behandlung bevorzugt abgebaut wird und Polyethylen vorzugsweise zur Vernetzung neigt.

[0042] Nun ist aber im Rahmen der Erarbeitung der Erfindung erkannt worden, dass die unpolaren Polyolefine vor einem Abbau oder vor einer Vernetzung gerade durch die Behandlung mit energiereichen Elektronen polarisiert werden. Durch diese Polarisierung kann bei der nachfolgenden triboelektrischen Aufladung ein solcher Ladungsunterschied erzeugt werden, dass eine einfache und sehr effektive Sortierung von Polyolefinen und insbesondere von Polyethylen- und Polypropylenteilchen in einen nahezu sortenreinen Zustand realisiert werden kann.

[0043] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, die Polyolefinkunststoffteilchen so selektiv tribologisch aufzuladen, dass eine Elektrosortierung nachfolgend erfolgreich durchgeführt werden kann.

[0044] Die vorteilhaft einsetzbaren Kunststoffgemische bestehen aus Polyolefinen und noch vorteilhafterweise aus Gemischen aus Polyethylen- und Polypropylentypen.

[0045] Die Elektronenbestrahlung kann mit Elektronenenergien von bis zu 10 MeV erfolgen, das heißt, es können niederenergetische Elektronen mit Energien kleiner 200 keV, die bevorzugt in der Randschicht- und Oberflächenbehandlung zum Einsatz kommen, als auch hochenergetische Elektronen mit Energien bis zu 10 MeV, die bevorzugt in der Volumenbehandlung (Sterilisation und Vernetzung) Anwendung finden, genutzt werden. Die maximale Elektronenenergie von 10 MeV resultiert aus gesetzlichen Beschränkungen.

[0046] Der dabei zum Einsatz kommende Elektronenstrom ist von der Breite des Elektronenaustrittsfensters, auch Arbeitsbreite genannt, abhängig und liegt im Arbeitsbereich kommerziell verfügbarer Elektronenbeschleuniger (kleiner 1 mA pro cm Arbeitsbreite). Die maximal anwendbare Dosis ist vom Polymertyp abhängig und wird z. B. bei Polyethylen durch den Elektronen induzierten Vernetzungsprozess begrenzt. Die maximale Dosis beträgt für High-density Polyethylen (HDPE) 35 kGy, da bei höheren Dosiswerten die nachfolgend notwendige thermoplastische Verarbeitung durch niedrige Schmelzflussindex-Werte beeinflusst wird. Die Elektronenbestrah-

lung kann unter atmosphärischem Druck, in Luft oder in Sauerstoffatmosphäre und/oder unter inerten oder reaktiven Prozessbedingungen erfolgen. Vor der Weiterverarbeitung (elektrostatische Separation) der bestrahlten Kunststoffgemische ist es vorteilhaft, eine Lagerung der elektronenbehandelten Kunststoffgemische von 10 min bis 30 Tagen, vorteilhafterweise zwischen 10 h bis 2 Tage durchzuführen. Diese Zwischenlagerung ist aber nicht zwingend notwendig für den Erfolg der nachfolgenden triboelektrischen Aufladung und elektrostatischen Separation.

[0047] Von Vorteil ist auch, wenn die triboelektrische Aufladung der elektronenbehandelten und gelagerten Kunststoffgemische in einer Wirbelkammer bei einem Luftstrom von 1 bis 10 m/s und bei einer relativen Luftfeuchte von 0 bis 95% und einer Temperatur von 0 bis 140°C für mindestens 10 s oder in einem Schütteltopf bei einer relativen Luftfeuchte von 0 bis 95% und einer Temperatur von 0 bis 140°C für mindestens 10 s realisiert wird.

[0048] Weiterhin ist es von Vorteil, wenn die Elektrosortierung in einem elektrischen Feld eines Freifallscheiders mit elektrischen Feldstärken zwischen 1 und 10 kV/cm durchgeführt wird.

[0049] Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es auf einfache und preiswerte Weise möglich, bisher nur schwer und mit geringer Effektivität trennbare Kunststoffgemische, die zum überwiegenden Teil aus Polyolefinteilchen bestehen, nun sortenrein mit hoher Effektivität zu trennen. Dies ist durch das erfindungsgemäße Verfahren mit der Elektronenbestrahlung der Kunststoffgemische möglich, was bisher weder aus dem Stand der Technik bekannt, noch daraus ableitbar gewesen ist.

[0050] Der Einfluss einer Elektronenbestrahlung auf die elektrostatische Trennbarkeit von Kunststoffen ist bisher nicht untersucht worden und es ist auch bisher kein Einfluss darauf bekannt oder ableitbar gewesen.

[0051] Überraschenderweise wirkt sich eine Elektronenbestrahlung der Kunststoffgemische, selektiv auf das Aufladeverhalten der einzelnen Kunststoffe in dem Gemisch aus, so dass eine nachfolgende leichte und sortenreine Trennung möglich ist. Insbesondere bei Zweikomponenten-Polyolefingemischen, die beispielsweise aus Polyethylen und Polypropylen bestehen, laden sich die Komponenten stoffspezifisch mit unterschiedlichen Vorzeichen auf und lassen sich dadurch leicht separieren.

[0052] Ein Zusatz von Additiven, wie Tensiden, Polyelektrolyten, Weichmachern, Farbstoffen und anderen oberflächenaktiven Substanzen, die die Trennung mehr oder weniger selektiv beeinflussen können, ist nicht erforderlich. Auch eine vorherige Plasmabehandlung der Kunststoffgemische ist nicht not-

wendig. Dadurch können Kontaminationen, die sich bei der Aufbereitung und Weiterverwertung der separierten Kunststofftypen als nachteilig erweisen können, vermieden werden.

[0053] Da auch der Separationsprozess beim Einsatz von Additiven durch zusätzliche Parameter (einzusetzende Additivmenge, Applikationsverfahren, Homogenität der Additivadsorption, Lösungsmittelwahl etc.) erheblich schwerer zu steuern ist, kann durch den Wegfall von Additiven das Trennverfahren insgesamt einfacher gestaltet werden.

[0054] Der Wegfall der Niederdruckplasmabehandlung geht einher mit dem Verzicht diskontinuierlich arbeitende Vakuumanlagen in den Prozess zu integrieren. Damit ergibt sich beim Nutzen der Elektronenbestrahlung eine erhebliche Kostenersparnis. Prinzipiell beeinflusst aber der Zusatz von Additiven oder oberflächlichen Oxidationsprodukten, die durch den Gebrauch der Kunststoffe entstanden sind, den Trenneffekt, der durch das erfindungsgemäße Verfahren erreicht wird, nicht negativ.

[0055] Bei optimaler Wahl von Elektronenenergie und Dosis ist auch eine Verbesserung der Produkteigenschaften, des aus dem recycelten Polymer hergestellten Produktes möglich.

[0056] Nachfolgend wird die erfindungsgemäße Lösung an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert.

Beispiel 1

[0057] Ein Kunststoffgemisch (300 g) aus Polypropylen (150 g) und Polyethylen (150 g) wird zunächst gewaschen, getrocknet und homogenisiert. Die Kunststoffteilchen haben die Abmessungen von ca. $3 \times 3 \times 3 \text{ mm}^3$. Anschließend wird das Gemisch einer Elektronenbestrahlung an Luft mit einer Elektronenenergie $E = 0,6 \text{ MeV}$, einem Elektronenstrom $I = 4,0 \text{ mA}$ und einer Dosis $D = 7,5 \text{ kGy}$ unterworfen.

[0058] Nach einer Lagerung von 48 h wurde das elektronenbestrahlte Kunststoffgemisch, in der Wirbelschicht-Aufladeeinheit (Luftgeschwindigkeit 5,2 m/s) des elektrostatischen Freifallscheiders über 4 min bei 25°C und einer relativen Luftfeuchte von 20% aufgeladen und erfolgreich im Freifallscheider (Feldstärke 4,5–2,0 kV/cm bei einem Potential von $\pm 72 \text{ kV}$) in eine Polyethylen- und eine Polypropylenfraktion getrennt.

[0059] Es konnte eine vollständige sortenreine Trennung von Polyethylen und Polypropylen erreicht werden (siehe [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#)).

[0060] Dabei zeigt

[0061] [Fig. 1](#) die Trennung von Polyethylen/Poly-

propylen (PE/PP) ohne vorherige Elektronenbehandlung (a) und

[0062] Fig. 2 die Trennung von Polyethylen/Polypropylen (PE/PP) nach der erfindungsgemäß durchgeführten Elektronenbehandlung (b).

Patentansprüche

1. Verfahren zur elektrostatischen Trennung von Kunststoffgemischen, bei dem das Kunststoffgemisch, welches zum überwiegenden Teil aus einem Gemisch aus zerkleinerten Polyolefinteilchen besteht, einer Elektronenbestrahlung bis maximal 10 MeV unterworfen wird und nachfolgend das Kunststoffgemisch mindestens einer triboelektrischen Aufladung unterworfen und anschließend mindestens die Polyolefine im Wesentlichen sortenrein getrennt ausgetragen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ein Kunststoffgemisch eingesetzt wird, welches vollständig aus zerkleinerten Polyolefinteilchen besteht.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem ein Kunststoffgemisch eingesetzt wird, welches zum überwiegenden Anteil aus zerkleinerten Polyethylen- und Polypropylenteilchen besteht.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem ein Kunststoffgemisch eingesetzt wird, welches vollständig aus zerkleinerten Polyethylen- und Polypropylenteilchen besteht.

5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem zerkleinerte Kunststoffteilchen mit Abmessungen von $0,5 \times 0,5 \times 0,5 \text{ mm}^3$ bis $5 \times 5 \times 5 \text{ mm}^3$ eingesetzt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Elektronenbestrahlung mehrmals nacheinander und/oder mit wechselndem Energieeintrag durchgeführt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Elektronenbestrahlung mit Elektronenströmen von maximal 1 mA durchgeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Elektronenbestrahlung mit Dosiswerten bis maximal 35 kGy durchgeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Elektronenbestrahlung unter Normalatmosphärenbedingungen bei Raumtemperatur durchgeführt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Elektronenbestrahlung unter Vakuum, inerte oder reaktiver Atmosphäre durchgeführt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Elektronenbestrahlung in einer Atmosphäre mit einer

Luftfeuchtigkeit bis maximal 95% durchgeführt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Elektronenbestrahlung bei Temperaturen von 20 K unterhalb des niedrigsten Schmelzpunktes einer Komponente im Kunststoffgemisch durchgeführt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Kunststoffgemisch nach der Elektronenbestrahlung gelagert wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem eine Lagerung von 10 min bis 30 Tagen durchgeführt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem eine Lagerung von 10 h bis 2 Tagen durchgeführt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Kunststoffgemisch nach der Elektronenbestrahlung befeuchtet wird.

17. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem vor oder nach der Elektronenbestrahlung die Nichtpolyolefinanteile des Kunststoffgemisches abgetrennt werden.

18. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Kunststoffgemisch einer triboelektrischen Aufladung unterzogen wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, bei dem die triboelektrische Aufladung in einer Wirbelkammer in einem Luftstrom mit 1 bis 15 m/s Geschwindigkeit, bei einer relativen Luftfeuchte von 0 bis 95% und einer Temperatur von 0 bis 140°C mit einer Verweilzeit der Kunststoffteilchen von mindestens 10 s durchgeführt wird.

20. Verfahren nach Anspruch 18, bei dem die triboelektrische Aufladung in einem Schütteltopf bei einer relativen Luftfeuchte von 0 bis 95% und einer Temperatur von 0 bis 140°C mit einer Verweilzeit der Kunststoffteilchen von mindestens 10 s durchgeführt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Trennung der Polyolefinteilchen in einem Freifallscheider bei elektrischen Feldstärken von 1 bis 10 kV/cm durchgeführt wird.

22. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Trennung von Polyolefinteilchen zu mindestens 99% sortenrein realisiert wird.

23. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Trennung von Polyethylen- und Polypropylenteilchen zu mindestens 99% sortenrein realisiert wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

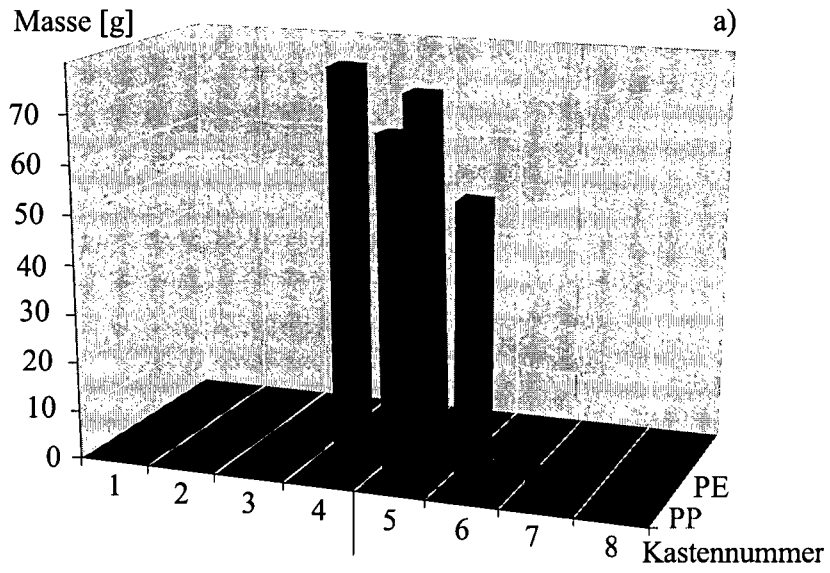


Fig. 1

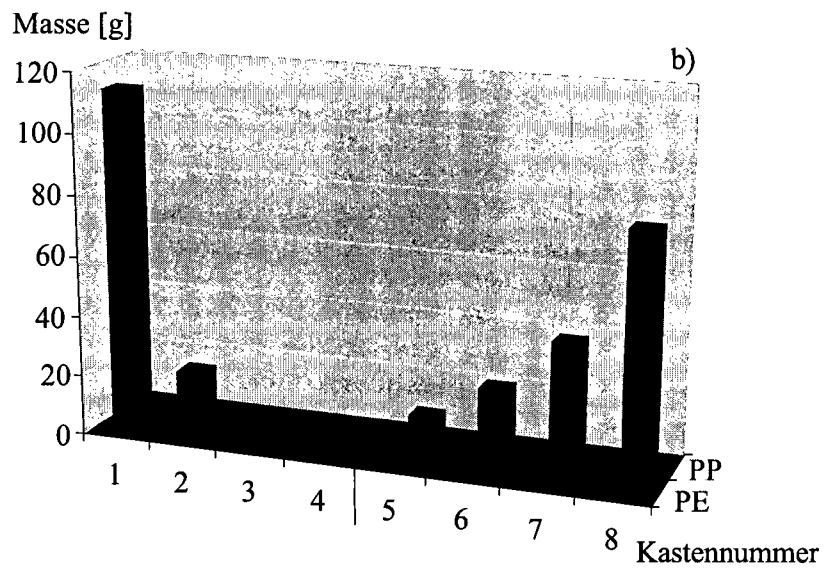


Fig. 2