



(10) **DE 10 2010 001 509 A1** 2011.09.22

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 001 509.1**

(22) Anmeldetag: **02.02.2010**

(43) Offenlegungstag: **22.09.2011**

(51) Int Cl.: **B29B 17/00** (2006.01)

**B07B 1/00** (2006.01)

**C08J 11/06** (2006.01)

**B03C 7/02** (2006.01)

**B03C 7/12** (2006.01)

(71) Anmelder:

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

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Rauschenbach, 01187, Dresden,  
DE**

(72) Erfinder:

**Albrecht, Victoria, Dr., 01277, Dresden, DE;  
Reinsch, Edith, Dr., 09599, Freiberg, DE;  
Schünemann, Ralf, 09599, Freiberg, DE; Peuker,  
Urs, Prof. Dr., 09599, Freiberg, DE; Simon, Frank,  
Dr., 01099, Dresden, DE**

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

**DE 199 55 697 A1**

**DE 102 37 917 A1**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur elektrostatischen Aufladung von geringkonzentrierten Bestandteilen von Kunststoffgemischen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Verfahrenstechnik und betrifft ein Verfahren, wie es beispielsweise beim Recycling von zerkleinerten Einwegflaschen eingesetzt werden kann.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur elektrostatischen Aufladung von geringkonzentrierten Bestandteilen von Kunststoffgemischen anzugeben, bei dem ein guter bis sehr guter Tennerfolg ohne zusätzliche Prozessschritte und Prozesstechnik erreicht wird, und das Verfahren zuverlässig und kostengünstig arbeitet.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur elektrostatischen Aufladung von geringkonzentrierten Bestandteilen von Kunststoffgemischen, bei dem zu einem zerkleinerten Kunststoffgemisch, von denen mindestens ein Bestandteil PVC ist, Formkörper zugegeben werden, und/oder Formkörper in der Vorrichtung zur elektrostatischen Aufladung vorhanden sind, wobei mindestens die Oberfläche der Formkörper aus dem Material der geringkonzentrierten Komponente (n) besteht, danach die zerkleinerten Bestandteile gemeinsam mit den Formkörpern elektrostatisch aufgeladen werden, wobei die Formkörper mindestens die gleiche Partikelgröße, wie die zerkleinerten Bestandteile aufweisen.

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf die Gebiete der Verfahrenstechnik, der Chemie und der Abfallwirtschaft und betrifft ein Verfahren zur elektrostatischen Aufladung von geringkonzentrierten Bestandteilen von Kunststoffgemischen, wie es beispielsweise beim Recycling von zerkleinerten Einwegflaschen, Kabeln oder Kunststoffmüll eingesetzt werden kann.

**[0002]** Für ein Recycling von Kunststoffabfällen und eine wertstoffliche Nutzung der Recyclate gibt es in Deutschland und der Europäischen Union klare politische Bekenntnisse, die sich beispielsweise im Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen KrW-/AbfG – Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz und dessen Durchführungsbestimmungen widerspiegeln. 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 oder der Sortieraufwand für hinreichend sortenreine Fraktionen jeden akzeptablen Kostenrahmen sprengen würde. Das Abtrennen von halogenierten Kunststoffen aus Kunststoffabfallgemischen führt auch bei einer energetische Nutzung von Kunststoffabfallgemischen – vielfach eine wirtschaftliche Alternative zum wertstofflichen Recycling – zu erheblichen Spar- und Umwelteffekten, da die halogenfreien Fraktionen bei ihrer Verbrennung keine Dioxine bilden und daher nicht in speziellen Sondermüllverbrennungsanlagen verbrannt werden müssen.

**[0003]** Eine Möglichkeit, Kunststoffabfallgemische effektiv zu trennen, besteht in der triboelektrischen Aufladung der zu Granulaten zerkleinerten Kunststoffabfälle und ihrer anschließenden stoffspezifischen Trennung in einem elektrostatischen Freifallscheider (Elektrosortierung) (Schubert, G. u. a.: DFG-Sonderforschungsbereich 285, 7/1995–12/2004; Schubert, G., u. a.: Abschlußbericht zum Sonderforschungsbereich 285", Husemann, K.; Graichen, K. (Herausgeber), Shaker-Verlag, Reihe Berichte aus der Verfahrenstechnik, Aachen (2004), S. 183–212).

**[0004]** 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 (Schubert, G. u. a.: Abschlußbericht zum Sonderforschungsbereich 285", Husemann, K., Graichen, K. (Herausgeber), Shaker-Verlag, Reihe Berichte aus der Verfahrenstechnik, Aachen (2004), S. 183–212; Albrecht, V. u. a. J. Electrostatics 58 (2003) 3; Augsburg, A. u. a.: J. Electrostatics, Special Issue (1997) 76; Albrecht, V. .a.: "Polymerwerkstoffe 2002", Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Band 1 (2002) 569–572; Albrecht, V. U. a.: Chemie-Ingenieur-Technik 74 (2002) 1425; Németh, E.: Triboelektrischen Aufladung von Kunststoffen. Dissertation, Technische Universität Bergakademie Freiberg, 2003; Németh, E. u. a.: Aufbereitungstechnik 45 (2005) 35–46).

**[0005]** Das elektrostatische Trennen von Kunststoffgemischen aus strukturähnlichen Kunststoffen, die keine funktionellen Gruppen besitzen (z. B. die Polyolefine Polyethylen und Polypropylen) erfordert physikalisch-chemische Vorbehandlungen der Gemische (Stückrad, O.: Sortieren von Kunststoffgemischen durch Flotation. Dissertation, Technische Universität Clausthal, 1996; DE 10 2004 024 754 A1; DE 10 2007 055 765 A1).

**[0006]** Die elektrostatische Trennung von Kunststoffgranulatgemischen basiert auf der bekannten elektrostatischen Aufladung der einzelnen Kunststoffkomponenten. Bei mechanischem Kontakt zweier unterschiedlicher Kunststoffe lädt sich einer dieser Kunststoffe positiv, der andere negativ auf. Empirische Untersuchungen von Brück, R.: Kunststoffe 71 (1981) 234, zeigten, dass zwischen der chemischen Konstitution eines Kunststoffs und seiner Aufladbarkeit bei Kontakt mit einem anderen Kunststoff ein Zusammenhang besteht (triboelektrische Reihe). Diese Struktur-Eigenschafts-Beziehung ist wesentlich für die Anwendung der triboelektrischen Aufladung von Kunststoffgranulatgemischen und deren nachfolgende elektrostatische Separation in stofflich einheitliche Komponenten.

**[0007]** Allerdings lassen sich auch sortenreine Kunststoffgranulate durch mechanisches Kontaktieren bipolar aufladen und im elektrostatischen Feld in zwei Fraktionen scheiden (Albrecht, V. u. a.: Progress in Colloid and Polymer Science 132 (2006) 48–53; Albrecht, V. u. a.: J. Electrostatics 67 (2009) 7–11).

**[0008]** Technisch wird das mechanische Kontaktieren der Kunststoffgranulate beispielsweise in einer Wirbelschicht realisiert. Getrieben von einem Luftstrom stoßen dort Granulatteilchen eines binären Gemischs zufallsbedingt zusammen und tauschen Ladungen aus. Liegen die Komponenten in etwa gleicher Teilchenkonzentration vor, so laden sich aus statistischen Gründen die Komponenten mit umgekehrten Vorzeichen auf. Wird

eine der Komponenten in ihrer Teilchenkonzentration erheblich verringert, so fehlen Stoßpartner, was zu einer bipolaren Aufladung der Hauptkomponente und damit zu einem unsauberen Trennergebnis führt.

**[0009]** Es ist weiterhin bekannt, dass das Auskleiden des Inneren von Wirbelschichtenanlagen, die als Aufladeeinheit dienen, bei gleichen Kunststoffgranulatgemischen zu unterschiedlichen Trennergebnissen führen (Lee, L. H. et al.: Korean J. Chem. Eng. 19 (2002) 267–272; Iuga, A. et al: J. Electrostatics 63 (2005) 937–942; Catin, L. et al: IEEE Transactions on Industry Applications 44 (2005) 1045–1051, Dodbiba, G. et al: Minerals Eng. 18 (2005) 1350–1360; Park, C. H. et al: Polym. Eng Sci. 47 (2007) 1975–1982).

**[0010]** Da zunehmend auch Kunststoffabfälle neben einer thermischen Entsorgung einer roh- und werkstofflichen Wiederverwertung zugeführt werden, wird deren Nachteil immer deutlicher. Kunststoffabfälle liegen in den meisten Fällen meist als Verbund oder als Gemisch verschiedener Kunststoffe vor. Daher ist für eine werkstoffliche Verwertung der Kunststoffabfälle eine Trennung in sortenreine Komponenten zwingend notwendig.

**[0011]** Prinzipiell können Kunststoffgemische nach einer triboelektrischen Aufladung in einem elektrostatischen Feld getrennt werden (Schubert, G. u. a.: DFG-Sonderforschungsbereich 285, 7/1995–12/2004; Schubert, G., u. a.: Abschlußbericht zum Sonderforschungsbereich 285", Husemann, K.; Graichen, K. (Herausgeber), Shaker-Verlag, Reihe Berichte aus der Verfahrenstechnik, Aachen (2004), S. 183–212). 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. Drehtrommeln, Tribozyklone, Schwingtöpfe 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 sich dann stoffspezifisch entsprechend ihrer Aufladung beim Durchgang durch das Feld eines elektrostatischen Freifallscheiders. Gut trennbar sind Gemische, deren Komponenten sich triboelektrisch stark und mit umgekehrten Vorzeichen aufladen.

**[0012]** Trennprobleme gibt es bei Kunststoffgemischen, die sich entweder nur gering aufladen (DE 10 2004 024 754 A1; DE 10 2007 055 765 A1) oder bei denen eine oder mehrere Komponenten nur in geringer Konzentration vorhanden sind. Diese geringen Konzentrationen werden für Gehalte von > 5 Masse-% angegeben. Zu solchen Kunststoffgemischen gehören häufig Abfallgemische und aufgearbeitete Recyclate mit geringen Anteilen an PVC. Die wirtschaftliche Bedeutung einer weitgehenden PVC-Abtrennung ist bekannt (Inculet, I. I.; Castle, G. S. P.; Brown, J. D.: Particulate Sci. Technol. 16 (1998) 91–100; Dodbiba, G.; Sadaki, J.; Okaya, K.; Shibayama, A.; Fujita, T.: Minerals Eng. 18 (2005) 1350–1360; Park, C. H.; Jeon, H. S.; Park, J. K.: J. Hazardous Mat. 144 (2007) 470–476; Kwetkus, B. A.: Particulate Sci. Technol. 16 (1998) 55–68; Park, C. H.; Jeon, H. S.; Cho, B. G.; Park, J. K.: Polym. Eng Sci. 47 (2007) 1975–1982; Park, C. H.; Jeon, H. S.; Yu, H. S.; Han, O. H.; Park, J. K.: 42 Environmental Sci. Technol. (2008) 249–255).

**[0013]** Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur elektrostatischen Aufladung von geringkonzentrierten Bestandteilen von Kunststoffgemischen anzugeben, bei dem ein guter bis sehr guter Tennerfolg ohne zusätzliche Prozessschritte und Prozesstechnik erreicht wird, und das Verfahren zuverlässig und kostengünstig arbeitet.

**[0014]** Die Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen angegebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0015]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur elektrostatischen Aufladung von geringkonzentrierten Bestandteilen von Kunststoffgemischen werden zu einem zerkleinerten Kunststoffgemisch, von denen mindestens ein Bestandteil PVC ist, Formkörper zugegeben, und/oder es sind Formkörper in der Vorrichtung zur elektrostatischen Aufladung vorhanden, wobei mindestens die Oberfläche der Formkörper aus dem Material der geringkonzentrierten Komponente(n) besteht, und danach die zerkleinerten Bestandteile gemeinsam mit den Formkörpern elektrostatisch aufgeladen, wobei die Formkörper mindestens die gleiche Partikelgröße, wie die zerkleinerten Bestandteile aufweisen.

**[0016]** Vorteilhafterweise wird ein Kunststoffgemisch eingesetzt, bei dem die geringkonzentrierten Bestandteile halogenierte Kunststoffe sind.

**[0017]** Ebenfalls vorteilhafterweise wird ein Kunststoffgemisch eingesetzt, bei dem die geringkonzentrierten Bestandteile aus PVC bestehen.

- [0018]** Weiterhin vorteilhafterweise wird ein zerkleinertes Kunststoffgemisch mit Partikelgrößen zwischen 0, 5 und 8 mm eingesetzt.
- [0019]** Vorteilhaft ist es auch, wenn Formkörper in Form von Kugeln, Hohlkugeln, Zylindern, Platten, eingesetzt werden.
- [0020]** Weiterhin vorteilhaft ist es, wenn Formkörper als feste Einbauten in der Vorrichtung zur elektrostatischen Aufladung in Form von Platten, Zylinder, Stangen eingesetzt werden.
- [0021]** Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn Formkörper eingesetzt werden, die vollständig aus der geringkonzentrierten Komponente(n) des Kunststoffgemisches bestehen.
- [0022]** Und auch vorteilhaft ist es, wenn Formkörper eingesetzt werden, die eine Größe aufweisen, die einen Austrag der Formkörper aus der Vorrichtung zur elektrostatischen Aufladung des zerkleinerten Kunststoffgemisches verhindert, wobei noch vorteilhafterweise Formkörper eingesetzt werden, die in ihrer geringsten Abmessung  $\geq 5$  mm aufweisen.
- [0023]** Von Vorteil ist es weiterhin, wenn die elektrostatische Aufladung des zerkleinerten Kunststoffgemisches mit den Formkörpern in einer Wirbelkammer bei einem Luftstrom von 1 bis 15 m/s und bei einer relativen Luftfeuchte von 0 bis 95% und einer Temperatur von 0 bis 140°C für mindestens 10 s durchgeführt wird.
- [0024]** Und ebenfalls von Vorteil ist es, wenn die elektrostatische Aufladung des zerkleinerten Kunststoffgemisches mit den Formkörpern in einer Aufladeeinheit bei einer relativen Luftfeuchte von 0 bis 95% und einer Temperatur von 0 bis 140°C für mindestens 10 s durchgeführt wird.
- [0025]** Mit der erfindungsgemäßen Lösung wird es erstmals möglich, geringkonzentrierte Bestandteile von Kunststoffgemischen mit einem guten bis sehr guten Trennerfolg zu separieren und dies gleichzeitig mit geringfügigen und bestehende Prozesse nicht beeinflussenden Änderungen des bisherigen Prozessverlaufes. Ebenfalls arbeitet das erfindungsgemäße Verfahren zuverlässig und kostengünstig.
- [0026]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird der bisherige Prozessschritt der elektrostatischen Aufladung, beispielsweise in einem Wirbelschichtreaktor oder in einem Tribozyklon oder in Schwingtöpfen (Aufladeeinheiten), im Wesentlichen unverändert beibehalten. Es werden lediglich speziell ausgewählte Formkörper zu den in der Vorrichtung befindlichen Kunststoffgemischen zugegeben oder eingebaut. Diese Formkörper sind über lange Zeit einsetzbar, verbleiben vorzugsweise in der Aufladeeinheit und erfordern in der Beschaffung nur geringe Aufwendungen.
- [0027]** Die elektrostatische Trennung von Kunststoffgemischen nach dem Stand der Technik setzt ein (tribo) elektrisches Aufladen der als Granulat oder Shreddergut vorliegenden Kunststoffkomponenten voraus. Dies geschieht üblicherweise in o. g. separaten Einrichtungen (Aufladeeinheiten). Das triboelektrische Aufladen in den Aufladeeinheiten erfolgt durch Partikel/Partikel- und Partikel/Wand-Stöße. Die Aufladeeinheiten können kontinuierlich oder diskontinuierlich betrieben werden.
- [0028]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur elektrostatischen Trennung von Kunststoffgemischen, die geringkonzentrierte Komponenten enthalten, werden dem zu trennenden Kunststoffgemisch während des Aufladevorgangs in der Aufladeeinheit Formkörper zugegeben und/oder es sind in der Aufladeeinheit feste Einbauten als Formkörper vorhanden. Sowohl feste als auch lose Formkörper bestehen mindestens auf ihrer Oberfläche, vorteilhafterweise aber vollständig, aus dem Material der geringkonzentrierte Komponente.
- [0029]** Die Wandungen der Aufladeeinheit können vorteilhafterweise ebenfalls aus diesem Material bestehen oder damit beschichtet sein.
- [0030]** Die Größe der Formkörper beträgt mindestens die Partikelgröße des eingesetzten zerkleinerten Kunststoffgemisches. Vorteilhafterweise sind die Formkörper aber deutlich größer, damit im Falle der losen Formkörper diese beim Austrag des aufgeladenen Kunststoffgemisches nicht aus der Aufladeeinheit mit ausgetragen werden können. Dies ist natürlich nur sinnvoll, wenn das nachfolgende Kunststoffgemisch die gleichen geringkonzentrierten Bestandteile aufweist. Sofern also immer das im Wesentlichen gleiche Kunststoffgemisch aufgeladen und getrennt werden soll, ist es vorteilhaft, die Formkörper ständig in der Aufladeeinheit zu belassen. In diesem Falle sind die fest eingebauten Formkörper noch vorteilhafter einsetzbar.

**[0031]** Werden unterschiedliche Kunststoffgemische in der Aufladeeinheit aufgeladen, so werden die losen Formkörper mit ausgezogen und bei der Trennung mit der geringkonzentrierten Komponente mit ausgezogen. Sie können dann dort separiert und wieder verwendet werden. In diesem Falle ist der Einbau von fest installierten Formkörpern nicht möglich.

**[0032]** Die Größe der losen Formkörper und damit auch ihr Gewicht ist nach oben dahingehend begrenzt, dass sie in der Aufladeeinheit noch entsprechend bewegt werden können, also beispielsweise im Wirbelschichtreaktor noch durch den Luftstrom angehoben und bewegt werden können.

**[0033]** Die in die Aufladeeinheit erfindungsgemäß eingebrachten und/oder eingebauten Formkörper dienen als zusätzliche Stoßpartner zur gezielten Aufladung der höherkonzentrierten Komponente und verringern oder vermeiden eine bipolare Aufladung der Kunststoffpartikel der höherkonzentrierten Komponente. Durch die eingebrachten und/oder eingebauten Formkörper, die mindestens auf der Oberfläche aus dem Material der geringkonzentrierten Komponente bestehen, wird die zur Verfügung stehende Fläche für Stöße und Wechselwirkungen vergrößert, so dass eine verbesserte stoffspezifische Aufladung realisiert werden kann. Dementsprechend ist die Anzahl und Größe der Formkörper nicht begrenzt, außer im Hinblick auf die bereits genannten Verfahrensparameter bezüglich der Bewegbarkeit der losen Formkörper. Vorteilhaft ist jedoch, wenn durch die Formkörper der Anteil an Stoßpartnern, die aus der geringkonzentrierten Komponente bestehen, um die 50% des Kunststoffgemisches betragen. Damit kann eine größtmögliche stoffspezifische Aufladung erreicht werden.

**[0034]** Durch diese erfindungsgemäße stoffspezifische Aufladung der Komponenten des Kunststoffgemisches wird eine nachfolgende Separation der Kunststoffgranulatgemische im elektrostatischen Freifallscheider mit jeweils hohen Ausbringen und gutem bis sehr gutem Trennerfolg erreicht.

**[0035]** Die Erfindung kann insbesondere dann erfolgreich angewendet werden, wenn der Massenanteil einer – aus einem Gemisch aus verschiedenen Kunststoffen – abzutrennenden Komponente in Anteilen unter 5 Masse-% enthalten ist. Solche Gemische sind typisch z. B. für das Recycling von Einwegflaschen oder für das Recycling von Kabeln der Elektro-, Elektronik- und Automobilindustrie. Bei der abzutrennenden Komponente, die im Kunststoffgemisch in geringer Konzentration vorliegt, handelt es sich dabei vorzugsweise um Poly(vinylchlorid) (PVC). Die sortenreine Abtrennung von PVC aus Kunststoffgemischen ist nicht nur für eine wertstoffliche Wiederverwertung der Gemischkomponenten vorteilhaft, sondern auch für deren energetische Verwertung. So kann z. B. der Anteil von Kunststoffen, die aufgrund beigemischter halogener Kunststoffkomponenten in Sondermüllverbrennungsanlagen verbrannt werden müssen, z. T. erheblich verringert werden, was zur Einsparung von Kosten führt.

**[0036]** Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es auf einfache und preiswerte Weise möglich, das bekannte Verfahren der Elektrosortierung von Kunststoffgemischen so zu nutzen, dass Kunststofffraktionen, die in geringen Anteilen in den Gemischen enthalten sind, weitgehend sortenrein abgetrennt werden können. Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich im Besonderen für das sortenreine Abtrennen halogener Kunststoffe, wie z. B. PVC, wenn solche Fraktionen mit Massenanteilen von weniger als 5 Masse-% im Gemisch vorliegen.

**[0037]** Das sortenreine Abtrennen von Kunststofffraktionen mit kleinen Massenanteilen ist eine grundlegende Voraussetzung für die wertstoffliche Nutzung von Kunststoffrecyclaten insbesondere dann, wenn aus den Recyclaten Produkte mit Gebrauchswerteigenschaften hergestellt werden sollen, die denen aus Neuware entsprechen. Das Abtrennen von halogenierten Kunststoffen aus Kunststoffabfallgemischen führt auch bei einer energetischen Nutzung von Kunststoffabfallgemischen – vielfach eine wirtschaftliche Alternative zum wertstofflichen Recycling – zu erheblichen Spar- und Umwelteffekten, da die halogenfreien Fraktionen bei ihrer Verbrennung keine Dioxine bilden und daher nicht in speziellen Sondermüllverbrennungsanlagen verbrannt werden müssen.

**[0038]** Das erfindungsgemäße Verfahren besteht durch seine einfache Handhabung; nämlich der Zugabe und/oder den Einbau von Formkörpern in die aufzuladenden Kunststoffgemische. Dabei bestehen die Formkörper vorteilhafterweise vollständig aus dem Kunststoff, der als geringkonzentrierter Bestandteil im Gemisch vorliegt. Ein solches Verfahren ist leicht integrierbar in bestehende Sortieranlagen.

**[0039]** Nachfolgend wird die Erfindung an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert.

## Beispiel

**[0040]** Ein Kunststoffgranulatgemisch (300g) bestehend aus 99% PET-Granulat (297 g, PET = Poly(ethylen-terephthalat)) und 1% PVC-Granulat (3 g, PVC = Poly(vinylchlorid)) wurde zunächst gewaschen, getrocknet und homogenisiert. Die Partikelgröße der Granulateilchen lag im Bereich von 3–5 mm.

**[0041]** Das Kunststoffgranulatgemisch wurde in der Wirbelschicht-Aufladeeinheit des elektrostatischen Freifallscheiders mit PVC-Auskleidung eingebracht. Dort befanden sich zehn Hohlkugeln aus PVC, die einen Durchmesser von 12 mm hatten. Das Kunststoffgranulatgemisch wurde zusammen mit den Hohlkugeln bei einer Luftgeschwindigkeit von 5,2 m/s über 4 min bei einer Temperatur von 25°C und einer relativen Luftfeuchte von 25% aufgeladen. Anschließend wurde ein Auslass am Boden der Wirbelschicht-Aufladeeinheit geöffnet. Dieser Auslass war von seiner Größe her so beschaffen, dass nur die Kunststoffgranulate passieren konnten (Breite des Auslasses 10 mm) und damit nur die Kunststoffgranulate im elektrostatischen Feld des im Freifallscheider (Feldstärke 4,5–2,0 kV/cm bei einem Potential von ±72 kV) stoffspezifisch getrennt wurden. Dabei fiel die PET-Fraktion in die Auffangkästen 1 bis 4 und die PVC-Fraktion in die Auffangkästen 5 bis 8. Die ursprünglich gemischten Fraktionen lagen getrennt vor. Für den Trenngrad wurden folgende Kennwerte bestimmt:

	ohne Hohlkugeln	mit fünf PVC-Hohlkugeln	mit zehn PVC-Hohlkugeln
Ausbringen $R_{c,PET}$ in %	080,8	085,0	088,00
Ausbringen $R_{c,PVC}$ in %	098,4	100,0	095,00
Reinheit $c_{PET}$ in %	100,0	100,0	99,94

**[0042]** Die PVC-Kugel verblieben in der Aufladeeinheit.

**[0043]** Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Zugabe von PVC-Hohlkugeln das PET-Ausbringen deutlich gesteigert und ein sehr guter Trennerfolg erreicht wird.

**ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102004024754 A1 [0005, 0012]
- DE 102007055765 A1 [0005, 0012]

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- Schubert, G. u. a.: DFG-Sonderforschungsbereich 285, 7/1995–12/2004 [0003]
- Schubert, G., u. a.: Abschlußbericht zum Sonderforschungsbereich 285", Husemann, K.; Graichen, K. (Herausgeber), Shaker-Verlag, Reihe Berichte aus der Verfahrenstechnik, Aachen (2004), S. 183–212 [0003]
- Schubert, G. u. a.: Abschlußbericht zum Sonderforschungsbereich 285", Husemann, K., Graichen, K. (Herausgeber), Shaker-Verlag, Reihe Berichte aus der Verfahrenstechnik, Aachen (2004), S. 183–212 [0004]
- Albrecht, V. u. a. J. Electrostatics 58 (2003) 3 [0004]
- Augsburg, A. u. a.: J. Electrostatics, Special Issue (1997) 76 [0004]
- Albrecht, V. a.: "Polymerwerkstoffe 2002", Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Band 1 (2002) 569–572 [0004]
- Albrecht, V. U. a.: Chemie-Ingenieur-Technik 74 (2002) 1425 [0004]
- Németh, E.: Triboelektrischen Aufladung von Kunststoffen. Dissertation, Technische Universität Bergakademie Freiberg, 2003 [0004]
- Németh, E. u. a.: Aufbereitungstechnik 45 (2005) 35–46 [0004]
- Stückrad, O.: Sortieren von Kunststoffgemischen durch Flotation. Dissertation, Technische Universität Clausthal, 1996 [0005]
- Brück, R.: Kunststoffe 71 (1981) 234 [0006]
- Albrecht, V. u. a.: Progress in Colloid and Polymer Science 132 (2006) 48–53 [0007]
- Albrecht, V. u. a.: J. Electrostatics 67 (2009) 7–11 [0007]
- Lee, L. H. et al.: Korean J. Chem. Eng. 19 (2002) 267–272 [0009]
- Iuga, A. et al: J. Electrostatics 63 (2005) 937–942 [0009]
- Catin, L. et al: IEEE Transactions on Industry Applications 44 (2005) 1045–1051 [0009]
- Dodbiba, G. et al: Minerals Eng. 18 (2005) 1350–1360; [0009]
- Park, C. H. et al: Polym. Eng Sci. 47 (2007) 1975–1982 [0009]
- Schubert, G. u. a.: DFG-Sonderforschungsbereich 285, 7/1995–12/2004; [0011]
- Schubert, G., u. a.: Abschlußbericht zum Sonderforschungsbereich 285" [0011]
- Husemann, K.; Graichen, K. (Herausgeber), Shaker-Verlag, Reihe Berichte aus der Verfahrenstechnik, Aachen (2004), S. 183–212 [0011]
- Inculet, I. I.; Castle, G. S. P.; Brown, J. D.: Particulate Sci. Technol. 16 (1998) 91–100 [0012]
- Dodbiba, G.; Sadaki, J.; Okaya, K.; Shibayama, A.; Fujita, T.: Minerals Eng. 18 (2005) 1350–1360 [0012]
- Park, C. H.; Jeon, H. S.; Park, J. K.: J. Hazardous Mat. 144 (2007) 470–476 [0012]
- Kwetkus, B. A.: Particulate Sci. Technol. 16 (1998) 55–68 [0012]
- Park, C. H.; Jeon, H. S.; Cho, B. G.; Park, J. K.: Polym. Eng Sci. 47 (2007) 1975–1982 [0012]
- Park, C. H.; Jeon, H. S.; Yu, H. S.; Han, O. H.; Park, J. K.: 42 Environmental Sci. Technol. (2008) 249–255 [0012]

### Patentansprüche

1. Verfahren zur elektrostatischen Aufladung von geringkonzentrierten Bestandteilen von Kunststoffgemischen, bei dem zu einem zerkleinerten Kunststoffgemisch, von denen mindestens ein Bestandteil PVC ist, Formkörper zugegeben werden, und/oder Formkörper in der Vorrichtung zur elektrostatischen Aufladung vorhanden sind, wobei mindestens die Oberfläche der Formkörper aus dem Material der geringkonzentrierten Komponente(n) besteht, danach die zerkleinerten Bestandteile gemeinsam mit den Formkörpern elektrostatisch aufgeladen werden, wobei die Formkörper mindestens die gleiche Partikelgröße, wie die zerkleinerten Bestandteile aufweisen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ein Kunststoffgemisch eingesetzt wird, bei dem die geringkonzentrierten Bestandteile halogenierte Kunststoffe sind.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem ein Kunststoffgemisch eingesetzt wird, bei dem die geringkonzentrierten Bestandteile aus PVC bestehen.
4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ein zerkleinertes Kunststoffgemisch mit Partikelgrößen zwischen 0,5 und 8 mm eingesetzt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Formkörper in Form von Kugeln, Hohlkugeln, Zylindern, Platten, eingesetzt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Formkörper als feste Einbauten in der Vorrichtung zur elektrostatischen Aufladung in Form von Platten, Zylinder, Stangen eingesetzt werden.
7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Formkörper eingesetzt werden, die vollständig aus der geringkonzentrierten Komponente(n) des Kunststoffgemisches bestehen.
8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Formkörper eingesetzt werden, die eine Größe aufweisen, die einen Austrag der Formkörper aus der Vorrichtung zur elektrostatischen Aufladung des zerkleinerten Kunststoffgemisches verhindert.
9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem Formkörper eingesetzt werden, die in ihrer geringsten Abmessung  $\geq 5$  mm aufweisen.
10. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die elektrostatische Aufladung des zerkleinerten Kunststoffgemisches mit den Formkörpern in einer Wirbelkammer bei einem Luftstrom von 1 bis 15 m/s und bei einer relativen Luftfeuchte von 0 bis 95% und einer Temperatur von 0 bis 140°C für mindestens 10 s durchgeführt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die elektrostatische Aufladung des zerkleinerten Kunststoffgemisches mit den Formkörpern in einer Aufladeeinheit bei einer relativen Luftfeuchte von 0 bis 95% und einer Temperatur von 0 bis 140°C für mindestens 10 s durchgeführt wird.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen