



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 31 009 T2** 2006.04.20

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 027 384 B1**

(51) Int Cl.⁸: **C08L 67/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 31 009.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US98/22723**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 954 005.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/023161**

(86) PCT-Anmeldetag: **27.10.1998**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **14.05.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **16.08.2000**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **27.07.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **20.04.2006**

(30) Unionspriorität:
63852 P **31.10.1997** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:
Metabolix, Inc., Cambridge, Mass., US

(72) Erfinder:
**ASRAR, Jawed, Chesterfield, US; PIERRE, R.,
Jean, B-5081 Saint-Denis, BE**

(74) Vertreter:
Andrae Flach Haug, 83022 Rosenheim

(54) Bezeichnung: **POLYHYDROXYALKANOATE ENTHALTENDE POLYMERMISCHUNGEN UND ZUSAMMENSETZUNGEN MIT GUTER BESTÄNDIGKEIT DER DEHNUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft generell biologisch abbaubare Polymere. Genauer gesagt betrifft sie biologisch abbaubare Polymerblends, die oligomere Ester enthalten, und die Verwendung derartiger Blends bei der Erzeugung geformter Polymergegenstände mit verbesserten Eigenschaften, die mit der Zeit nicht nachlassen.

[0002] Seit einigen Jahren besteht beträchtliches Interesse an der Verwendung biologisch abbaubarer Polymere, was aus der Besorgnis über die Zunahme der Menge der Kunststoffabfälle resultiert. Der potenzielle weltweite Markt für biologisch abbaubare Polymere ist enorm (> 10 Milliarden Pfund/Jahr). Einige der Märkte und Anwendungen, die am stärksten für eine Verwendung derartiger Biopolymere offen sind, reichen von Einmalverwendungen, zu denen Verpackungsmaterialien, Artikel der Körperhygiene, Abfallbeutel und andere gehören können, bei denen die Biomaterialien verschmutzt werden und auf ideale Weise für einen biologischen Abbau über eine Kompostierung geeignet sind, bis zu Märkten und Anwendungen, bei denen die Biopolymere als saubere Materialien wiedergewonnen werden, wie Tüten für Kleidung, Einkaufstüten, Lebensmitteltüten etc., und bei denen sie für ein Recycling sowie für eine Kompostierung oder einen biologischen Abbau auf Müllhalden geeignet sind.

[0003] Polyhydroxyalkanoat-Biopolymere (PHA-Biopolymere) sind thermoplastische Polyester, von denen viele von Mikroorganismen als Reaktion auf einen Nährstoffmangel erzeugt werden können. Das kommerzielle Potenzial für PHAs umspannt viele Industriezweige und leitet sich in erster Linie aus bestimmten vorteilhaften Eigenschaften ab, die PHA-Polymere von petrochemisch erzeugten Polymeren unterscheiden, nämlich einer exzellenten biologischen Abbaubarkeit und einer natürlichen Erneuerbarkeit.

[0004] Eine breite Verwendung und Akzeptanz von PHAs wurde jedoch durch bestimmte unerwünschte chemische und physikalische Eigenschaften dieser Polymere behindert. Zum Beispiel gehören PHAs zu den hitzeempfindlichsten aller im Handel erhältlichen Polymere. Die Geschwindigkeit des Polymerabbaus, wie sie über eine Abnahme des Molekulargewichts bestimmt wird, steigt mit zunehmenden Temperaturen in dem Bereich rapide an, der typischerweise für die herkömmliche Schmelzverarbeitung von PHAs zu Endprodukten wie Folien, Beschichtungen, Fasern etc. benötigt wird. Eine weitere Einschränkung der potenziellen Einsetzbarkeit von PHA-Polymeren betrifft die Beobachtung, dass sich einige Charakteristika des Polymers, z.B. die Formbarkeit, Dehnbarkeit, Schlagzähigkeit und Flexibilität, mit der Zeit verschlechtern. Diese schnelle „Alterung“ bestimmter, von PHA abgeleiteter Produkte ist für die meisten kommerziellen Anwendungen nicht akzeptabel. Somit wird der Erfolg von PHA als echte Alternative zu sowohl petrochemisch gewonnenen Polymeren als auch biologisch abbaubaren Polymeren, die nicht aus PHA bestehen, von neuartigen Ansätzen zur Überwindung der besonderen Schwierigkeiten abhängen, die mit PHA-Polymeren und mit den daraus hergestellten Produkten assoziiert sind.

[0005] Das ausgewogene Mischen von zwei oder mehreren Polymeren ist ein immer wichtigerer Ansatz zur Verbesserung der Preis-Leistungs-Verhältnisse kommerzieller Kunststoffmaterialien geworden. Zum Beispiel kann ein ausgewogenes Mischen dazu eingesetzt werden, die Kosten für ein teures technisches thermoplastisches Material zu vermindern, die Verarbeitbarkeit eines gegen hohe Temperaturen oder Wärme empfindlichen thermoplastischen Materials zu verbessern, die Schlagzähigkeit zu verbessern etc. Deshalb stellt das ausgewogene Mischen einen Ansatz dar, der das Potenzial besitzt, neue Klassen biologisch abbaubarer, PHA-haltiger Polymere mit einzigartigen und verbesserten Eigenschaften bereit zu stellen. Auf diese Weise kann es möglich sein, die Limitierungen von PHA-Zusammensetzungen zu überwinden, die ihre umfassende industrielle Verwendung beschränkt haben, und gleichzeitig ihre erwünschten Merkmale zu erhalten. Unglücklicherweise sind viele Polymere nicht mischbar, wenn sie einem ausgewogenen Mischen unterzogen werden, und führen bei der Verarbeitung zu einer unerwünschten Phasentrennung. Generell zeigen derartige Blends aus inkompatiblen oder thermodynamisch nicht mischbaren Polymeren schlechte mechanische Eigenschaften und führen zu Schwierigkeiten bei der Verarbeitung.

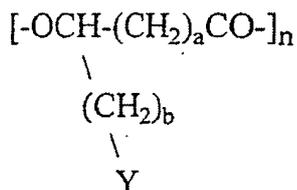
[0006] Verbindungen, die die Kompatibilität verbessern, sind für zahlreiche Polymersysteme identifiziert und entwickelt worden. Diese Verbindungen können die Grenzflächenspannung vermindern und dadurch die Mischbarkeit von ansonsten schlecht mischbaren Polymeren verbessern. Die Verfügbarkeit von Verbindungen, die die Kompatibilität verbessern, stellt ein wirksames Mittel dar, über das Polymerzusammensetzungen erzeugt werden können. Allerdings wurde mit PHAs diesbezüglich sehr wenig erreicht, und es besteht ein Bedarf an der Identifizierung von Verbindungen, die eine wirksame Verbesserung der Kompatibilität von Blends bereit stellen, die verschiedene PHA-Polymere enthalten, oder von Blends, die PHA-Polymere und Polymere, die nicht aus PHA bestehen, enthalten.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung werden Polymerzusammensetzungen bereit gestellt, wie sie im beigefügten Anspruch 1 definiert werden. Es wurde gefunden, dass die Gegenwart von oligomeren Estern, wie sie hier beschrieben werden, Blends aus zwei oder mehreren biologisch abbaubaren Polymeren vorteilhafte Eigenschaften bereit stellt. Als Ergebnis davon weisen Blends, die die oligomeren Ester enthalten, in unerwartetem und unvorhersagbarem Ausmaß verbesserte Formbarkeit, Schlagzähigkeit und Alterungseigenschaften auf.

[0008] Der oligomere Ester liegt im Blend im Allgemeinen in einer Menge von 1 bis 20 Gew.-%, vorzugsweise von 2 bis 15 Gew.-%, des Blend vor. Die Molekulargewichte der oligomeren Ester liegen typischerweise im Bereich von 200 bis 20 000, vorzugsweise von 500 bis 15 000, und am bevorzugtesten von ungefähr 1500 bis 7500.

[0009] Wenigstens eines der Polymere im Blend ist ein PHA mit der Strukturformel



wobei $a = 1-4$, $b = 0-15$, Y ist H, und n ist eine ganze Zahl. Bei einer am stärksten bevorzugten Zusammensetzung ist eines der Polymere im Blend Polyhydroxybutyrat (PHB) oder Polyhydroxybutyrat-co-valerat (PHBV).

[0010] Das zweite Polymer im Blend ist aus aliphatischen Polyestern oder Copolyestern ausgewählt, die sich ableiten von aliphatischen Dicarbonsäuren oder Anhydriden, aliphatischen Dicarbonsäurechloriden, aliphatischen Dicarbonsäureestern und aliphatischen Diolen oder Epoxiden; Polyurethanen, die aus den genannten Polyestern und Copolyestern über die Reaktion mit einem Diisocyanat hergestellt wurden; aliphatischen Polycarbonaten; Polyanhydriden; Polyesteramiden; Polyestercarbonaten; Polyesterethern; Polyethercarbonaten; Polylactiden; oder Polyglycoliden. Zu bevorzugten Polymeren, die kein PHA sind, für den Einsatz in der Erfindung gehören aliphatische Polyester und Copolyester sowie Polyesterurethane. Zu bevorzugteren Polymeren, die kein PHA sind, gehören Polybutylensuccinatadipat (PBSUA, z.B. Bionolle 3001 PBSUA, Showa High Polymer Co.).

[0011] Der oligomere Ester ist Poly(1,3-butylenglycol-co-1,2-propylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol (z.B. Santicizer*S409A, Mw = 3700, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(neopentylglycol-co-1,4-butylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol (z.B. Santicizer*S433, Mw = 3500, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,3-butylenglycoladipinsäure) nicht-terminiert (z.B. Santicizer*S430, Mw = 2500, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,3-butylenglycoladipinsäure) nicht-terminiert (z.B. Santicizer*S421, Mw = 1250, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,2-propylenglycoladipinsäure-co-phthalsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol (z.B. Santicizer*S438, Mw = 1900, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(neopentylglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol (z.B. Santicizer*S435, Mw = 2500, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,2-propylenglycoladipinsäure-co-phthalsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol (z.B. Santicizer*431, Mw = 1200, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,2-propylenglycol-co-1,4-butylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol (z.B. Santicizer*S4212, Mw = 950, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,3-butylenglycoladipinsäure) terminiert mit gemischten Fettsäuren (z.B. Santicizer*S405, Mw = 2000, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,2-propylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol (z.B. Santicizer*S436, Mw = 3500, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,2-propylenglycol-co-1,4-butylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol (z.B. Santicizer*S449, Mw = 3700, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,4-butylenglycoladipinsäure) oder Poly(1,4-butylenglycol-co-ethylenglycoladipinsäure).

[0012] Gemäß einem anderen Aspekt dieser Erfindung wird ein Verfahren zur Erzeugung eines geformten Polymergegenstands bereit gestellt, wie es im beigefügten Anspruch 9 definiert ist.

BESCHREIBUNG VERANSCHAULICHENDER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0013] Die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung betreffen im Großen und Ganzen Zusammensetzungen zur Verwendung bei der Erzeugung PHA-haltiger Materialien mit einem breiten Bereich an Eigenschaf-

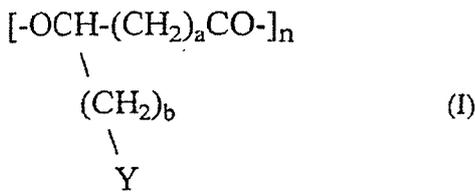
ten, die dazu dienen können, die Vielseitigkeit und Leistungsfähigkeit von PHAs für verschiedene Verarbeitungstechniken zu erhöhen, ohne dass ihre biologische Abbaubarkeit geopfert wird.

[0014] „Polymerblend“ bezieht sich, so wie der Begriff hier verwendet wird, auf eine Zusammensetzung, die zwei oder mehrere strukturell unterschiedliche, biologisch abbaubare Polymere umfasst. Ein erstes Polymer im Blend ist ein PHA. Ein zweites Polymer im Blend ist ein biologisch abbaubares Polymer, das kein PHA ist. Im typischen Fall umfassen die Blends zwei Polymertypen, es können aber auch weitere Polymere vorhanden sein.

[0015] „Biologisch abbaubar“ bezieht sich, so wie der Begriff hier verwendet wird, auf Polymere, die letztlich durch einen mikrobiellen Prozess bei einer Exposition gegen CO₂, H₂O und Biomasse unter Umweltbedingungen abgebaut werden können. In bestimmten Fällen werden Polymere wie Polymilchsäure durch Hydrolyse zu einzelnen Monomermolekülen abgebaut, die dann durch Mikroorganismen enzymatisch zu CO₂ und H₂O zerlegt werden. Beispiele für biologische Abbauprozesse sind enzymvermittelte hydrolytische und oxidative Reaktionen, die bei der Kompostierung ablaufen.

[0016] „Verbindung, die die Kompatibilität verbessert“ bezieht sich auf eine Verbindung, die bewirkt, dass eine Harzzusammensetzung bereit gestellt wird, die im Vergleich zur gleichen Zusammensetzung ohne die Verbindung, die die Kompatibilität verbessert, eine verbesserte Kompatibilität aufweist. Zu Indikatoren für eine verbesserte Kompatibilität, wie sie hier beschrieben wird, gehören zum Beispiel eine erhöhte Schlagzähigkeit und/oder eine erhöhte Bruchdehnung.

[0017] PHAs sind biologisch abbaubare Polymere oder Copolymere mit der folgenden generellen Struktur für eine oder mehrere der sich wiederholenden Einheiten:



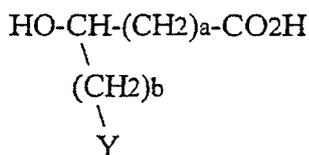
wobei a ist 1–4, b ist 0 bis 15, Y ist H, und n ist eine ganze Zahl, die typischerweise zwischen ungefähr 10 und 25 000 liegt. Die an den sich wiederholenden Einheiten hängenden Gruppen können zusätzliche Funktionalisierungen enthalten, wie Doppelbindungen, epoxidierte Doppelbindungen, Hydroxygruppen, Alkylgruppen, Alkenylgruppen etc. oder Kombinationen von diesen. Die Hauptkette des Polymers kann bis zu 8 Kohlenstoffe in den sich wiederholenden Einheiten enthalten, und es können zusätzliche Funktionalisierungen in der oder an der Hauptkette vorliegen, wie Doppelbindungen, Alkylgruppen, Alkenylgruppen, Hydroxygruppen etc. oder Kombinationen von diesen.

[0018] Die PHAs können synthetisch oder in einer Pflanze oder in Mikroorganismen erzeugt werden. Im typischsten Falle ist es ein Produkt einer Fermentation, insbesondere eines mikrobiologischen Prozesses, bei dem ein Mikroorganismus beim normalen oder manipulierten Wachstum Polyhydroxyalkanoat ablagert. Die Manipulation kann durch das Entfernen oder über ein Fehlen der Bildung eines Nährstoffes oder mehrerer Nährstoffe, die für die Zellvermehrung erforderlich sind, erreicht werden. Es sind in diesem Gebiet zahlreiche mikrobiologische Spezies bekannt, die für die Erzeugung von Polymeren aus Polyhydroxyalkanoat geeignet sind (siehe beispielsweise Anderson und Dawes, Micro. Rev. 54 (4): 450–472, 1990). Die Mikroorganismen können der Wildtyp oder mutiert sein, oder es kann ihnen das erforderliche genetische Material inkorporiert worden sein, beispielsweise mittels eines beliebigen gentechnologischen Verfahrens. Es soll betont werden, dass es nicht erforderlich ist, dass der PHA-erzeugende Organismus ein Mikroorganismus ist, aber derzeit werden solche Organismen bevorzugt.

[0019] Die PHAs weisen als Bestandteile vorzugsweise Hydroxyalkanoat-Monomere (HA-Monomere) auf, die Substrate für PHA-Synthase-Enzyme sind. Biologisch erzeugte PHA-Polymere sind das Produkt mikrobieller PHA-Synthase-Enzyme, und sie werden entweder in einer Bakterienzelle erzeugt, die natürlicherweise eine PHA-Synthase enthält, oder in einem Bakterium oder einem anderen Zelltyp, beispielsweise einer Pflanzenzelle, die gentechnologisch so verändert wurde, dass sie ein derartiges Enzym exprimiert. Die mikrobiellen PHA-Synthase-Enzyme weisen breite Substratbereiche auf, und sie sind imstande, eine große Zahl von HA-Monomeren als Bestandteile eines biosynthetischen PHAs zu inkorporieren, und zwar in Abhängigkeit von den Wachstumsbedingungen, der Verfügbarkeit des Vorläufersubstrats und der Herkunft des PHA-Synthase-Enzyms. Die Vielfältigkeit biosynthetischer PHA-Polymere hinsichtlich ihrer Zusammensetzung wird durch

die Tatsache unterstrichen, dass mindestens 91 HA-Monomere als Substrate von PHA-Synthasen identifiziert worden sind (Steinbuchel, A. und Valentin, H., FEMS Micro. Letters 128 (1995) 219–228).

[0020] Zu geeigneten HA-Monomeren können diejenigen mit der folgenden Formel gehören:



wobei a ist 1 bis 4, b ist 0 bis 15, und Y ist H. Wie in der obigen Beschreibung können weitere funktionelle Gruppen in oder auf den anhängenden Gruppen und/oder den Hauptketten vorliegen. Die Monomere oder die Lactone der Monomere können zur Erzeugung des Polymers entweder biochemisch oder synthetisch homopolymerisiert oder copolymerisiert werden.

[0021] Zu bevorzugten HA-Monomeren gehören diejenigen, bei denen a = 1–2 und b = 0–3 und Y = H.

[0022] Bei einem am stärksten bevorzugten Polymer hat das PHA die Formel (I), wobei a ist 1, b ist 1 oder 2 und Y ist H, und speziell liegen hier copolymerisierte Einheiten mit b = 1 und b = 2 vor. Bei geeigneten Polyestern ist b vorwiegend gleich 1, speziell mit wenigstens 70 Mol-% derartiger Einheiten, wobei der Rest aus Einheiten besteht, bei denen b = 2 ist. Ein Polymer, das lediglich Einheiten mit a = 1, b = 1 und Y = H enthält, ist Polyhydroxybutyrat-Polyester (PHB), während dasjenige, das außerdem b = 2 enthält, Polyhydroxybutyrat-co-valerat (PHBV) ist.

[0023] Weitere PHAs für den Einsatz in der Erfindung können synthetisch über Ansätze erzeugt werden, die in diesem Fachgebiet gut bekannt sind, beispielsweise die Lacton-Ringöffnungspolymerisation. Zu geeigneten Lactonen gehören diejenigen, die biologisch abbaubare Polylactone bilden. Vorzugsweise ist das durch die Ringöffnungspolymerisation erzeugte Polymer Polycaprolacton, das über die Ringöffnungspolymerisation von ϵ -Caprolacton (6-Hexalacton) gebildet wird.

[0024] Die erfindungsgemäßen Polymerblendzusammensetzungen können zwei oder mehrere strukturell unterschiedliche PHAs, wie sie oben definiert wurden, umfassen, und sie können zusätzlich zu den PHAs Polymere, die keine PHAs sind, umfassen. Zu Polymeren, die keine PHAs sind und für die Verwendung in erfindungsgemäßen Blends geeignet sind, können diejenigen gehören, die in einem gewissen Ausmaß biologisch abbaubar sind. Auf diese Weise wird das resultierende Blend nach der Mischung mit dem PHA biologisch abbaubar. Weiterhin hängt die Auswahl des Polymers, das kein PHA ist, von der Eigenschaft oder der Kombination von Eigenschaften, die optimiert werden soll(en), ab.

[0025] Die Polymere, die keine PHAs sind, in den Blends sind Polyester und Copolyester, die sich ableiten von verschiedenen Kombinationen aliphatischer Dicarbonsäuren oder Anhydride, aliphatischen Dicarbonsäurechloriden, aliphatischen Dicarbonsäureestern und aliphatischen Diolen oder Epoxiden; Polyurethanen, die aus solchen Polyestern und Copolyestern über die Umsetzung mit einem Diisocyanat hergestellt wurden; aliphatischen Polycarbonaten; Polyanhydriden; Polyesteramiden; Polyestercarbonaten; Polyesterethern; Polyethercarbonaten; Polylactiden; oder Polyglycoliden. Zu bevorzugten Polymeren, die keine PHAs sind, für den Einsatz in der Erfindung gehören aliphatische Polyester und Copolyester sowie Polyesterurethane. Zu bevorzugteren Polymeren, die keine PHAs sind, gehören Polybutylensuccinatadipat (PBSUA, z.B. Bionolle 3001 PBSUA, Showa High Polymer Co.).

[0026] Für die meisten Anwendungen und Polymerkombinationen liegen die Molekulargewichte der in einem Blend vorliegenden Polymere im Bereich von 1000 bis 2 000 000. Die Polymere können auf beliebige Weise und in beliebigen Mengen, die für eine bestimmte Anwendung gewünscht oder geeignet sind, gemischt werden, und sie können in Abhängigkeit von den jeweils ausgewählten Polymeren variieren. Die relativen Anteile der Polymere in einem Blend, das zwei Polymere enthält, können zum Beispiel bei 99:1 bis 1:99 liegen. Für bestimmte Anwendungen können Verhältnisse von 90:10 bis 10:90, oder von 80:20 bis 20:80, die erwünschtesten Ergebnisse liefern.

[0027] Die erfindungsgemäßen Blends enthalten eine oder mehrere oligomere/polymere Esterverbindung(en) (die hier manchmal als „Oligoester“ bezeichnet wird bzw. werden).

[0028] Die Oligoester werden einem Blend in einer Menge zugegeben, die wirksam ist, eine Harzzusammen-

setzung bereit zu stellen, die eine verbesserte Kompatibilität aufweist, wie aus verbesserten Dehnungsstabilitäten und/oder Schlagzähigkeiten im Vergleich zur gleichen Zusammensetzung ohne den Oligoester hervorgeht. Im typischen Fall liegen die erfindungsgemäßen oligomeren Esterverbindungen in einem Polymerblend in Mengen von 1 bis 20, vorzugsweise von 2 bis 15 Gew.-% des Blend vor. Das Mw der oligomeren Ester liegt im Allgemeinen im Bereich von 500 bis 20 000, vorzugsweise von 1000 bis 10 000 und am bevorzugtesten von 1500 bis 7500.

[0029] Der oligomere Ester ist Poly(1,3-butylenglycol-co-1,2-propylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol (z.B. Santicizer*S409A, Mw = 3700, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(neopentylglycol-co-1,4-butylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol (z.B.

[0030] Santicizer*S433, Mw = 3500, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,3-butylenglycoladipinsäure) nicht-terminiert (z.B. Santicizer*S430, Mw = 2500, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,3-butylenglycoladipinsäure) nicht-terminiert (z.B. Santicizer*S421, Mw = 1250, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,2-propylenglycoladipinsäure-co-phthalsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol (z.B. Santicizer*S438, Mw = 1900, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(neopentylglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol (z.B. Santicizer*S435, Mw = 2500, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,2-propylenglycoladipinsäure-co-phthalsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol (z.B. Santicizer*431, Mw = 1200, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,2-propylenglycol-co-1,4-butylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol (z.B. Santicizer*S4212, Mw = 950, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,3-butylenglycoladipinsäure) terminiert mit gemischten Fettsäuren (z.B. Santicizer*S405, Mw = 2000, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,2-propylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol (z.B. Santicizer*S436, Mw = 3500, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,2-propylenglycol-co-1,4-butylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol (z.B. Santicizer*S449, Mw = 3700, erhältlich von Solutia Inc.), Poly(1,4-butylenglycoladipinsäure) oder Poly(1,4-butylenglycol-co-ethylenglycoladipinsäure).

[0031] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst die Blendzusammensetzung ein PHA, Polybutylensuccinatadipat (PBSUA), und einen oder mehrere oligomere(n) Ester. Das PBSUA im Blend liegt vorzugsweise in einer Menge von 10 bis 40, bevorzugter 20 bis 30 Gew.-% des Blend vor, da die altersabhängige Versprödung bei solchen Mengen minimiert ist. Allerdings wird einem Fachmann klar sein, dass andere Zusätze, insbesondere Weichmacher, die relativen Mengen an PHA und PBSUA, die im Blend zur Erzielung der gewünschten Ergebnisse benötigt werden, verändern können.

[0032] Oligomere Ester gemäß diesen Ausführungsformen sind die oben beschriebenen.

[0033] Zusätzlich zu den hier beschriebenen gemischten Polymeren und oligomeren Estern können andere Komponenten in den erfindungsgemäßen Zusammensetzungen vorhanden sein, einschließlich der vielen Polymeradditive, die in diesem Fachgebiet gut bekannt sind. Zu diesen können zum Beispiel Nukleierungsmittel, Antiblockmittel, Schmierstoffe, Füllstoffe, Weichmacher und andere Zusätze gehören, die für die Optimierung von Verarbeitungs- und/oder Produkteigenschaften gewünscht sind.

[0034] Vor der vorliegenden Erfindung war es schwierig, geformte Objekte/Gegenstände aus PHA zu erzeugen, die über ihre vorgesehene Lebensdauer ausreichende mechanische Eigenschaften beibehalten. Statt dessen verspröden von PHA abgeleitete Produkte innerhalb kurzer Zeit schnell, wie aus der charakteristischen Verschlechterung der Dehnungs- und Schlagzähigkeitseigenschaften hervorgeht. Zum Beispiel sank die Dehnung geformter Stäbe aus PHBV, das 10 phr Santicizer-S430-Oligoester-/Polyesteradipat (Solutia Inc.) enthielt, von 258% 3 Stunden nach dem Formen auf 27% einen Tag nach dem Formen und auf 10% sechzig Tage nach dem Formen. Die Situation wurde durch das Mischen des PHBV mit einem PHA-Polymer anderer Struktur, zum Beispiel Polycaprolacton (PCL), leicht verbessert. Für PHBV-Stäbe, die 50 phr PCL enthielten, lag die Dehnung bei 235% einen Tag nach dem Formen und sank auf 26% nach sechzig Tagen ab. Ein ähnlicher Trend wurde beobachtet, wenn der üblicherweise verwendete Weichmacher Acetyltributylcitrat (ATC) zum Blend gegeben wurde. Die Dehnung lag bei 340% einen Tag nach dem Formen und sank auf 50% nach sechzig Tagen ab. Es ist klar, dass die durch diese Ansätze bereit gestellten verbesserten Dehnungseigenschaften nicht aufrecht erhalten werden konnten und mit der Zeit mit einer nicht annehmbaren Geschwindigkeit abnahmen.

[0035] Allerdings werden, ziemlich unerwartet, wenn ein erfindungsgemäßer oligomerer Adipinester in ein Blend aus einem PHA und einem anderen biologisch abbaubaren Polymer aufgenommen wird, exzellente Dehnungseigenschaften erhalten und wenigstens 100 Tage nach dem Formen beibehalten. Zum Beispiel lag für PHBV, das 50 phr PCL und 10 phr des Oligoesters Santicizer S430 (Solutia Inc.) enthielt, die Dehnung bei 379% einen Tag nach dem Formen, sank nur leicht auf 348% nach sechzig Tagen ab und blieb nach 100 Tagen

praktisch unverändert. Diese verbesserte Dehnbarkeit und die reduzierte Neigung zur Versprödung für Blends von PHAs, die Oligoester enthalten, sind eindeutig viel größer, als man sie im Hinblick auf die relativ bescheidenen Verbesserungen, die mit einem einzigen PHA, das einen Oligoester enthält, beobachtet wurden, oder die Ergebnisse für PHA-Blends, die keinen Oligoester enthalten, erwarten würde. Somit stellt die vorliegende Erfindung Zusammensetzungen bereit, die außergewöhnliche Dehnungseigenschaften, die über Zeiträume aufrecht erhalten werden können, die für kommerzielle Anwendungen von Kunststoffen erforderlich sind, aufweisen.

[0036] Basierend auf den hier beschriebenen Ergebnissen besitzen die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen Eigenschaften, die für zahlreiche Anwendungen wünschenswert wären, wie Extrusions-, Form-, Beschichtungs-, Spinn-, Blas-, Thermoformungs- und Kalanderverfahren oder Kombinationen derartiger Verfahren. Zum Beispiel ist eine erhöhte Schmelzstabilität des Blends im Vergleich zu der von PHA allein vorteilhaft für die Herstellung von Gießfolien und Blasfolien (sowohl orientiert als auch nicht-orientiert) für Lebensmittelverpackungen, Gemüse-, Gras- und Abfallbeutel, Windelverstärkungen und Folien für die Landwirtschaft mit verbesserter Bruchdehnung, die über längere Zeiträume aufrecht erhalten werden kann. Die Zusammensetzungen sind auch für den Einsatz in Extrusions- und Spritzstreckblasformvorgängen geeignet, zum Beispiel für die Herstellung orientierter Flaschen mit verbesserter Schlagzähigkeit über ausgedehnte Zeiträume. Einmalverpackungen für Nahrungsmittel, wie Schalen und Behälter, medizinische Waren wie Spritzen, Laborutensilien und Patientenkits sowie Einmalteller, -tassen, -messer und -gabeln mit verbesserten Zugfestigkeitseigenschaften können ebenfalls über Spritzformverfahren unter Einsatz der erfindungsgemäßen Zusammensetzungen hergestellt werden. Die Zusammensetzungen können auch zu Bögen extrudiert und zu Nahrungsmittelverpackungen, Tellern, Schalen etc. thermogeformt werden. Außerdem können die Blends zu Fasern für Fäden, Seile, Netze sowie zu Einwegvliesen für medizinische Anwendungen schmelzgesponnen werden. Dem Fachmann wird klar sein, dass die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen durch die obige Beschreibung nicht eingeschränkt werden, sondern dass sie statt dessen für praktisch jede beliebige Anwendung nützlich sind, bei der verbesserte Schmelzstabilitäts-, Dehnungs-, Schlagzähigkeits- und/oder Alterungseigenschaften gewünscht sind.

[0037] Die Herstellung des Blend für den Einsatz bei der Schmelzextrusion eines geformten Gegenstands kann mittels Techniken durchgeführt werden, die auf diesem Gebiet bekannt sind. Bei einer Technik wird das Blend als ein Schmelzblend durch das Schmelzen des ersten Polymers, des zweiten Polymers, des Oligoesters und gegebenenfalls anderer Zusätze, gefolgt vom Pelletieren der Schmelze, hergestellt. Die Pellets aus dem Blend werden dann auf herkömmliche Weise in Schmelzextrusionstechniken zur Bildung geformter Gegenstände eingesetzt. Alternativ wird das Blend als ein physikalisches Blend durch das Vereinigen von Pellets, Pulvern oder anderen Formulierungen des ersten Polymers, des zweiten Polymers, des Oligoesters und gegebenenfalls anderen Zusätze in herkömmlichen Schmelzextrusionstechniken zur Bildung geformter Gegenstände, die die gewünschte Zusammensetzung umfassen, hergestellt. Der Einsatz physikalischer Blends wird insofern bevorzugt, als die Zahl der Schmelzschnitte, die zur Bildung eines geformten Gegenstands, der die erfindungsgemäße Zusammensetzung umfasst, erforderlich sind, vermindert wird.

[0038] Der Begriff „Molekulargewicht“, wie er hier verwendet wird, bezieht sich, wenn nichts anderes angegeben wird, auf das Gewichtsmittel des Molekulargewichts (M_w), im Gegensatz zum Zahlenmittel des Molekulargewichts (M_n). Die meisten synthetischen Polymere zeigen eine breite Verteilung der Molekulargewichte, und die Molekulargewichte, die für derartige Polymere berichtet werden, sind Mittelwerte, die am häufigsten über M_w oder M_n gemäß den folgenden Formeln definiert werden:

$$M_w = \frac{\sum n_i M_i^2}{\sum n_i M_i}$$

$$M_n = \frac{\sum n_i M_i}{\sum n_i}$$

wobei n_i = die Zahl der Moleküle mit dem Molekulargewicht M_i . Die am häufigsten eingesetzte Technik zur Bestimmung von M_w und M_n ist die Gelpermeationschromatographie (GPC), bei der Werte für M_w und M_n über eine Kalibrierung mit monodispersen Polystyrolfraktionen mit bekannten Molekulargewichten erhalten werden. Dieses Verfahren ist fähig, die vollständige Molekulargewichtsverteilung einer Polymerprobe zu bestimmen, woraus mittlere Molekulargewichte bestimmt werden können. Zu anderen auf diesem Gebiet bekannten Verfahren zur Bestimmung von M_w und M_n gehören die Osmometrie, die Lichtstreuung und die Sedimentation (siehe beispielsweise W. R. Sorensen & T. W. Campbell: Preparative Methods of Polymer Chemistry, Interscience Publishers, New York, 1961).

[0039] Die folgenden Beispiele werden gebracht, um bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung zu de-

monstrieren. Es dürfte Fachleuten auf diesem Gebiet klar sein, dass die Techniken, die in den folgenden Beispielen offenbart werden, Techniken repräsentieren, für die vom Erfinder entdeckt wurde, dass sie bezüglich der Durchführung der Erfindung gut funktionieren, und sie können somit als Beispiele für bevorzugte Arten ihrer Durchführung angesehen werden. Allerdings dürfte es Fachleuten auf diesem Gebiet im Lichte der vorliegenden Offenbarungen auch klar sein, dass bei den spezifischen Ausführungsformen, die offenbart werden, viele Veränderungen vorgenommen werden können und immer noch ein ähnliches oder gleiches Ergebnisse erhalten wird, ohne dass vom Geist und dem Umfang der Erfindung abgewichen wird.

BEISPIELE

BEISPIELE 1–2: WIRKUNGEN VON WEICHMACHERN AUF DIE FESTIGKEIT VON PHBV/PBSUA-BLENDS

[0040] Beispiel 1: 100 phr eines Pulvers aus PHBV (8% HV, Mw = 895 K) wurden mit 1 phr Bornitrid in einem Papenmeier-Hochgeschwindigkeitsmischer gemischt, und dann wurden 10 phr S430 PBGA-Weichmacher und 40 phr Bionolle 3001 PBSUA-Körnchen (Union Carbide, Mw = 204 K), was 26% PBSUA im gesamten Blend entsprach, zugesetzt.

[0041] Die Mischung aus dem Pulver und den Körnchen wurde dann in einen Betol-Extruder mit einer Schnecke (25 mm, L/D = 20) gegeben, der mit 40 Upm unter Einsatz eines Temperaturprofils von 140 bis 170°C und einer Schneckengeschwindigkeit von 40 Upm betrieben wurde und mit einer 4-mm-Einstrangdüse versehen war. Das Extrudat wurde in einem Wasserbad, das mittels eines Temperaturreglers bei 60°C ± 5°C gehalten wurde, abgekühlt und dann in einer Pelletiermaschine zu Körnchen geschnitten. Der Ausstoß lag bei 3,4 kg/Stunde. Die erhaltenen Körnchen hatten ein Mw in der Gegend von 650°K und ein MFI (170°C/5 kg) von 3,5 g/10 min.

[0042] Teststäbe wurden erhalten, indem die Körnchen in eine 15-T-Boy-Spritzgussapparatur mit einem Temperaturprofil von 130 bis 150°C und einer Formtemperatur um 55°C eingespeist wurden. Der Zugversuch mit geformten Stäben (Abschnitt von 5 × 2 mm, Messlänge 42 mm, Kreuzkopf-Geschwindigkeit 10 mm/min) ergab Bruchdehnungen von 320% unmittelbar nach dem Formen, 310% nach 30 Tagen und 65% nach 90 Tagen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 gezeigt.

[0043] Beispiel 2: 100 phr eines Pulvers aus PHBV (8% HV, Mw = 895 K) wurden mit 1 phr Bornitrid in einem Papenmeier-Hochgeschwindigkeitsmischer gemischt, und dann wurden 10 phr S430 PBGA-Weichmacher und 50 phr Bionolle 3001 PBSUA-Körnchen (Union Carbide, Mw = 204 K), was 31% PBSUA im gesamten Blend entsprach, zugesetzt.

[0044] Die Mischung aus dem Pulver und den Körnchen wurde dann in einen Betol-Extruder mit einer Schnecke (25 mm, L/D = 20) gegeben, der mit 40 Upm unter Einsatz eines Temperaturprofils von 140 bis 170°C und einer Schneckengeschwindigkeit von 40 Upm betrieben wurde und mit einer 4-mm-Einstrangdüse versehen war. Das Extrudat wurde in einem Wasserbad, das mittels eines Temperaturreglers bei 60°C ± 5°C gehalten wurde, abgekühlt und dann in einer Pelletiermaschine zu Körnchen geschnitten. Der Ausstoß lag bei 3,3 kg/Stunde. Die erhaltenen Körnchen hatten ein Mw in der Gegend von 620°K und ein MFI (170°C/5 kg) von 3,6 g/10 min.

[0045] Teststäbe wurden erhalten, indem die Körnchen in eine 15-T-Boy-Spritzgussapparatur mit einem Temperaturprofil von 130 bis 150°C und einer Formtemperatur um 55°C eingespeist wurden. Der Zugversuch mit geformten Stäben (Abschnitt von 5 × 2 mm, Messlänge 42 mm, Kreuzkopf-Geschwindigkeit 10 mm/min) ergab Bruchdehnungen von 360% unmittelbar nach dem Formen, 390% nach 30 Tagen und 340% nach 90 Tagen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 gezeigt.

TABELLE 1 – Zusammenfassung der Ergebnisse für die Beispiele 1 - 2

Beispiel	1	2
PBSUA (phr)	40	50
PBSUA (% im Blend)	26	31
Bruchdehnung (%)		
nach 3 Stunden	320	360
3 Tagen	330	450
7 Tagen	310	420
15 Tagen	315	440
30 Tagen	310	400
60 Tagen	100	335
90 Tagen	65	345

Zusammensetzung:

D400P Mw	= 895
K:	100 phr
Bornitrid-Nukleierungsmittel:	1 phr
S430-Polyester-Weichmacher:	10 phr
Bionolle 3001 PBSUA:	variabel

BEISPIELE 3–6: WIRKUNG DES PBSUA-ANTEILS AUF DIE DEHNUNG VON GLASFOLIEN AUS PHBV/S430/PBSUA

[0046] Alle Blasfolien wurden mit einem Brabender/Haake-Extruder mit einer Schraube mit 20-mm-Durchmesser, der mit einer ringförmigen Düse versehen war, und einem 1 Meter hohen Blasturm erhalten, der mit zwei Quetschwalzen von 80 mm Durchmesser ausgerüstet war. Die Breite und die Dicke der Folien wurden über das Verändern der Schneckengeschwindigkeit des Extruders, der Zuggeschwindigkeit der röhrenförmigen Folie und des Durchmessers der Blase eingestellt.

[0047] Beispiel 3: Körnchen, die wie im Beispiel 1 beschrieben erhalten worden waren und auf 100 phr PHBV, 1 phr BN, 10 phr S430 und 40 phr Bionolle 3001 PBSUA basierten, wurden durch einen 20-mm-Extruder mit einer Schnecke, der mit einer ringförmigen Düse von 25 mm versehen war, unter Einsatz eines Temperaturprofils von 160 bis 170°C extrudiert. Bei einer Schneckengeschwindigkeit von 15 Upm und einer Zuggeschwindigkeit von 1,5 m/min erzeugte die extrudierte röhrenförmige Vorform, die gekühlt und mit Luft zu einer Blase von 25 mm Durchmesser aufgeblasen wurde, nach dem Kollabieren zwischen zwei Quetschwalzen eine Folie mit einer Breite von 80 mm und einer Dicke von 65 µm. Ausgestanzte hundeknochenförmige Stäbe für den Zugtest (4 mm breit, Messlänge 20 mm und Kreuzkopf-Geschwindigkeit 10 mm/min) ergaben eine Bruchdehnung von 670% nach 5 Tagen und 720% nach 90 Tagen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 2 dargestellt.

[0048] Beispiel 4: Körnchen, die wie im Beispiel 1 beschrieben erhalten worden waren und auf 100 phr PHBV, 1 phr BN, 10 phr S430 und 40 phr Bionolle 3001 PBSUA basierten, wurden durch einen 20-mm-Extruder mit einer Schnecke, der mit einer ringförmigen Düse von 25 mm versehen war, unter Einsatz eines Temperaturprofils von 160 bis 170°C extrudiert. Bei einer Schneckengeschwindigkeit von 15 Upm und einer Zuggeschwindigkeit von 1,5 m/min erzeugte die extrudierte röhrenförmige Vorform, die gekühlt und mit Luft zu einer Blase von 20 mm Durchmesser aufgeblasen wurde, nach dem Kollabieren zwischen zwei Quetschwalzen eine Folie mit einer Breite von 65 mm und einer Dicke von 130 µm. Ausgestanzte hundeknochenförmige Stäbe für den Zugtest (4 mm breit, Messlänge 20 mm und Kreuzkopf-Geschwindigkeit 10 mm/min) ergaben eine Bruchdehnung von 590% nach 5 Tagen und 620% nach 90 Tagen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 2 dargestellt.

[0049] Beispiel 5: Körnchen, die wie im Beispiel 2 beschrieben erhalten worden waren und auf 100 phr PHBV, 1 phr BN, 10 phr S430 und 50 phr Bionolle 3001 PBSUA basierten, wurden durch einen 20-mm-Extruder mit einer Schnecke, der mit einer ringförmige Düse von 25 mm versehen war, unter Einsatz eines Temperaturprofils von 165 bis 170°C extrudiert. Bei einer Schneckengeschwindigkeit von 20 Upm und einer Zugeschwindigkeit von 2 m/min erzeugte die extrudierte röhrenförmige Vorform, die gekühlt und mit Luft zu einer Blase von 25 mm Durchmesser aufgeblasen wurde, nach dem Kollabieren zwischen zwei Quetschwalzen eine Folie mit einer Breite von 85 mm und einer Dicke von 80 µm. Ausgestanzte hundeknochenförmige Stäbe für den Zugtest (4 mm breit, Messlänge 20 mm und Kreuzkopf-Geschwindigkeit 10 mm/min) ergaben eine Bruchdehnung von 610% nach 5 Tagen und 805% nach 90 Tagen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 2 dargestellt.

[0050] Beispiel 6: Körnchen, die wie im Beispiel 19 beschrieben erhalten worden waren und auf 100 phr PHBV, 1 phr BN, 10 phr S430 und 50 phr Bionolle 3001 PBSUA basierten, wurden durch einen 20-mm-Extruder mit einer Schnecke, der mit einer ringförmige Düse von 25 mm versehen war, unter Einsatz eines Temperaturprofils von 165 bis 170°C extrudiert. Bei einer Schneckengeschwindigkeit von 15 Upm und einer Zugeschwindigkeit von 1 m/min erzeugte die extrudierte röhrenförmige Vorform, die gekühlt und mit Luft zu einer Blase von 18 mm Durchmesser aufgeblasen wurde, nach dem Kollabieren zwischen zwei Quetschwalzen eine Folie mit einer Breite von 55 mm und einer Dicke von 180 µm. Ausgestanzte hundeknochenförmige Stäbe für den Zugtest (4 mm breit, Messlänge 20 mm und Kreuzkopf-Geschwindigkeit 10 mm/min) ergaben eine Bruchdehnung von 1080% nach 5 Tagen und 700% nach 90 Tagen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 2 dargestellt.

TABELLE 2 – Zusammenfassung der Ergebnisse für die Beispiele 3 - 6

Beispiel	3	4	5	6
PBSUA (phr)		40		50
PBSUA (%)		26		31
Foliendicke (µm)	65	130	80	180
Bruchdehnung (%)				
nach 5 Tagen	670	590	610	1080
nach 30 Tagen	700	580	800	840
nach 60 Tagen	725	610	780	750
nach 90 Tagen	720	620	805	700

Zusammensetzung:

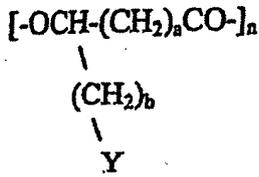
D400P Mw = 895
 K: 100 phr
 Bornitrid-Nukleierungsmittel: 1 phr
 S430-Polyester-Weichmacher: 10 phr
 Bionolle 3001 PBSUA: variabel

Patentansprüche

1. Polymerzusammensetzung, die ein Blend zweier biologisch abbaubarer Polymere ist, das ein erstes biologisch abbaubares Polymer umfasst, das ein Polyhydroxyalkanoat (PHA) ist; und ein zweites biologisch abbaubares Polymer, das sich vom ersten Polymer unterscheidet, und das ist:
 ein Polyester oder Copolyester, der sich ableitet von aliphatischen Dicarbonsäuren oder Anhydriden, aliphatischen Dicarbonsäurechloriden, aliphatischen Dicarbonsäureestern und aliphatischen Diolen oder Epoxiden;
 ein Polyurethan, das aus den genannten Polyestern und Copolyestern über eine Reaktion mit einem Diisocyanat hergestellt wird; ein aliphatisches Polycarbonat; ein Polyanhydrid; ein Polyesteramid; ein Polyestercarbonat; ein Polyesterether; ein Polyethercarbonat; ein Polylactid; oder ein Polyglycolid,
 und ein oder mehrere oligomere(r)/polymere(r) Ester, der bzw. die ausgewählt ist bzw. sind aus Poly(1,3-butylenglycol-co-1,2-propylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol, Poly(neopentylglycol-co-1,4-butylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol, Poly(1,3-butylenglycoladipinsäure) nicht terminiert, Po-

ly(1,2-propylenglycoladipinsäure-co-phthalsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol, Poly(neopentylglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol, Poly(1,2-propylenglycoladipinsäure-co-phthalsäure terminiert mit 2-Ethylhexanol, Poly(1,2-propylenglycol-co-1,4-butylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol, Poly(1,3-butylenglycoladipinsäure) terminiert mit gemischten Fettsäuren, Poly(1,2-propylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol, Poly(1,4-butylenglycoladipinsäure) oder Poly(1,4-butylenglycol-co-ethylenglycoladipinsäure),

wobei das PHA folgende Strukturformel hat:



wobei $a = 1-4$, $b = 0-15$, Y ist H, und n ist eine ganze Zahl.

2. Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei der oligomere/polymere Ester ein Molekulargewicht im Bereich von 500 bis 20000 hat.

3. Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei der oligomere/polymere Ester ein Molekulargewicht im Bereich von 1500 bis 7500 hat.

4. Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei der oligomere/polymere Ester in einer Menge von 1 bis 20 Gew.-% des Blend vorhanden ist.

5. Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei der oligomere/polymere Ester in einer Menge von 2 bis 15 Gew.-% des Blend vorhanden ist.

6. Zusammensetzung nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Blend zwei Polymere umfasst, die im Blend ein relatives Gewichtsverhältnis von 99:1 bis 1:99 haben.

7. Zusammensetzung nach Anspruch 6, wobei das Blend zwei Polymere umfasst, die im Blend ein relatives Gewichtsverhältnis von 80:20 bis 20:80 haben.

8. Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei das PHA Polyhydroxybutyrat oder Polyhydroxybutyrat-co-valerat ist.

9. Verfahren zur Herstellung eines geformten polymeren Gegenstands, der ein Blend aus zwei biologisch abbaubaren Polymeren umfasst, wobei der Prozess das Schmelzen einer Zusammensetzung umfasst, die ein Polyhydroxyalkanoat (PHA) und ein zweites biologisch abbaubares Polymer ist, das sich vom ersten Polymer unterscheidet und ein Polyester oder Copolyester ist, der sich ableitet von aliphatischen Dicarbonsäuren oder Anhydriden, aliphatischen Dicarbonsäurechloriden, aliphatischen Dicarbonsäureestern und aliphatischen Diolen oder Epoxiden; ein Polyurethan, das aus den genannten Polyestern und Copolyestern über eine Reaktion mit einem Diisocyanat hergestellt wird; ein aliphatisches Polycarbonat; ein Polyanhydrid; ein Polyesteramid; ein Polyestercarbonat; ein Polyesterether; ein Polyethercarbonat; ein Polylactid; oder ein Polyglycolid, und ein oder mehrere oligomere(r)/polymere(r) Ester,

und daraus Herstellen eines geformten Gegenstands durch Extrusions-, Form-, Beschichtungs-, Spinn-, Blas-, Thermoformungs- oder Kalander-Prozesse oder Kombinationen der Prozesse,

wobei der eine oder die mehreren oligomere(r)/polymere(r) Ester ausgewählt ist bzw. sind aus Poly(1,3-butylenglycol-co-1,2-propylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol, Poly(neopentylglycol-co-1,4-butylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol, Poly(1,3-butylenglycoladipinsäure) nicht terminiert, Poly(1,2-propylenglycoladipinsäure-co-phthalsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol, Poly(neopentylglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol, Poly(1,2-propylenglycoladipinsäure-co-phthalsäure terminiert mit 2-Ethylhexanol, Poly(1,2-propylenglycol-co-1,4-butylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol, Poly(1,3-butylenglycoladipinsäure) terminiert mit gemischten Fettsäuren, Poly(1,2-propylenglycoladipinsäure) terminiert mit 2-Ethylhexanol, Poly(1,4-butylenglycoladipinsäure) oder Poly(1,4-butylenglycol-co-ethylenglycoladipinsäure),

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Mw des oligomeren/polymere(n) Esters bei 500 bis 20000 liegt.

11. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das PHA Polyhydroxybutyrat oder Polyhydroxybutyrat-co-valerat

ist.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen