



(10) **DE 10 2013 210 110 A1** 2014.12.04

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 210 110.4**
(22) Anmeldetag: **29.05.2013**
(43) Offenlegungstag: **04.12.2014**

(51) Int Cl.: **C08G 63/89 (2006.01)**
C08G 63/08 (2006.01)
C08J 11/08 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(74) Vertreter:
**PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 80339
München, DE**

(72) Erfinder:
**Siebert, Tanja, 85356 Freising, DE; Mäurer,
Andreas, Dr., 85354 Freising, DE; Schlummer,
Martin, Dr., 85051 Ingolstadt, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 36 41 692 A1
DE 37 08 916 A1
AT 192 623 B
US 2012 / 0 142 958 A1

**A.Mäurer, M.Schlummer, K.Agulla: Siebenfache
Effizienz. In: RECYCLING magazin, 20, 2010, 18-
19.**

**R.K. Kulkarni et al.: Biodegradable Poly(lactic
acid) Polymers. In: J. Biomed. Mater. Res., 5,
1971, 169-181.**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Anreicherung von Polylactid aus Polylactid-haltigem Abfall, angereichertes Polylactid-Recyclat und Verwendung hiervon**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Anreicherung von Polylactid aus Polylactid-haltigen Abfall vorgestellt. Das Verfahren ist ökonomischer und ökologischer als herkömmliche Anreicherungsverfahren aus dem Stand der Technik. Zudem kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Polylactid-Recyclat bereitgestellt werden, dass in seinen Materialeigenschaften qualitativ den Eigenschaften des Polylactids in dem Abfall entspricht oder diese sogar übertrifft.

Lösungsmittel	Lösungstemperatur (°C)	Fällmittel
THF	bei Raumtemperatur (25 °C)	-
HFIP	bei Raumtemperatur (25 °C)	-
Aceton	45	F1
Aceton	45	F2
Aceton	45	F3
CreaSolv SB (CV-SB)	90	CreaSolv PO63 (CV-PO63)
CreaSolv SB (CV-SB)	90	Temperaturfällung
CreaSolv PC (CV-PC)	85	Temperaturfällung/F1
CreaSolv MP (CV-MP)	85	Temperaturfällung/F1

Beschreibung

[0001] Es wird ein Verfahren zur Anreicherung von Polylactid aus Polylactid-haltigen Abfall vorgestellt. Das Verfahren ist ökonomischer und ökologischer als herkömmliche Anreicherungsverfahren aus dem Stand der Technik. Zudem kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Polylactid-Recyclat bereitgestellt werden, dass in seinen Materialeigenschaften qualitativ den Eigenschaften des Polylactids in dem Abfall entspricht oder diese sogar übertrifft. Speziell gelingt es über das vorgestellte Verfahren, einen Abbau der mittleren molekularen Masse des abzutrennenden Polylactids zu vermeiden und die mittlere Molmasse von Polylactid in dem Polylactid-Recyclat sogar gegenüber dem Ausgangsmaterial zu steigern. Im Wesentlichen wird dies durch eine Unterdrückung der Polylactid-Hydrolyse, einer Begünstigung der Polylactid-Kondensation und die Möglichkeit zur physikalischen Abtrennung von niedrigmolekularem Polylactid erreicht.

[0002] Derzeit werden Polylactid-haltige Verpackungsabfälle auf Grund ihres geringen Vorkommens weder im Abfallstrom gesondert erfasst noch recycelt. Da es derzeit noch sehr wenige Erfahrungen auf dem Gebiet des Biopolymerrecyclings gibt, werden diese Abfälle überwiegend mit der Restfraktion verbrannt oder als Ersatzbrennstoffe in den Zementwerken als Ersatz von fossilen Brennstoffen verwendet.

[0003] Nach dem aktuellen Stand der Technik gibt es bislang zwei Recyclingansätze, nämlich das chemische Recycling (EP 2 419 395 A1) und das mechanische Recycling (EP 2 295 218 A1). Bisherige Untersuchungen und Ergebnisse basieren auf selbst-generiertem Abfall bzw. Neuware. Diese Materialien wurden mehrfach extrudiert und mittels Gelpermeationschromatographie (GPC) auf einen Molmassenverlust untersucht. Die Ergebnisse zeigen einen Molmassenabbau von 4–8 %, bzw. sogar bis zu 24 % nach 5-facher Extrusion (Hopmann & Schippers, 2012, Coating, Band 8, S. 37–38).

[0004] Hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Recyclatqualitäten gibt es bislang wenig Erfahrungen und Ergebnisse. Auch die Löslichkeit von Polylactid mittels Hansen Parameter ist im Stand der Technik bekannt, allerdings handelt es sich um Lösungsmittel, die nicht als kennzeichnungsfrei gelten (Auras, Harte & Selke, 2004, Macromol. Biosci., Band 4, S. 835–864). Allerdings wurden diese Hansen Parameter noch nicht für ein Polylactid-Recycling herangezogen.

[0005] Das chemische Recyclingverfahren verbraucht bei der Kettenspaltung sehr viel Energie und ist somit kostenintensiv. Des Weiteren geht die bei der Polymerisation eingesetzte wertvolle Polymerveredlungsenergie zunächst verloren und wird anschlie-

ßend wieder zugeführt. Dies ist nicht nur im Hinblick auf die Energieaufwendung nachteilig, sondern ist auch zeitaufwändig, da für die Umsetzung mehrere Verfahrensschritte erforderlich sind.

[0006] Nachteile beim mechanischen Recycling sind Erstens, dass es durch den Molmassenverlust zu einem „Down-Cycling-Effekt“ d.h. die mittleren Molmasse des polymeren Recyclats abnimmt und damit die Recyclatqualität schlechter wird. Als Folge wird minderwertiges Polylactid-Recyclat erhalten.

[0007] Zweitens ist bei der Polylactid-Anreicherung die Abtrennung von Verunreinigung wie z.B. Fremdkunststoffen, Additiven, Klebstoffen und Nicht-Kunststoffen schwierig zu lösen. Da viele Verpackungskunststoffe Polylactid als Verbundwerkstoff oder im Gemisch („Blend“) einsetzen, ist die Rückgewinnung reiner Polylactid-Fractionen mit mechanischen Ansätzen aus Abfällen dieser Materialien wenig aussichtsreich.

[0008] Ausgehend hiervon war es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren bereitzustellen, mit welchem auf ökonomischere und ökologischere Art und Weise ein Polylactid-Recyclat bereitgestellt werden kann, das eine Qualität in Bezug auf die Reinheit und mittlere Molmasse aufweist. Insbesondere sollte ein Polylactid-Recyclat bereitgestellt werden, dass Polylactid mit einer mittleren Molmasse aufweist, die zumindest gleich hoch ist oder sogar höher ist als die mittlere Molmasse des Polylactids im Ausgangsmaterial.

[0009] Die Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren zur Anreicherung von Polylactid aus einem Polylactid-haltigem Abfall gemäß Anspruch 1, das Polylactid-Recyclat gemäß Anspruch 16 und die Verwendung von mindestens einem organischen Lösungsmittel zur Anreicherung von mindestens einem Polylactid gemäß Anspruch 19. Die abhängigen Ansprüche zeigen vorteilhafte Ausführungsformen.

[0010] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Anreicherung von Polylactid aus einem Polylactid-haltigem Abfall bereitgestellt, welches folgende Schritte umfasst:

- a) Mischen von einem Polylactid-haltigen Abfall mit einem organischen Lösungsmittel, wobei mindestens ein Polylactid in dem organischen Lösungsmittel gelöst wird und ein unlöslicher Teil des Abfalls zurückbleibt;
- b) zumindest teilweise Abtrennung der Lösung enthaltend mindestens ein Polylactid von dem unlöslichen Teil des Abfalls;
- c) zumindest teilweise Abtrennung des organischen Lösungsmittels von zumindest einem Teil des mindestens einen Polylactids.

[0011] Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Recyclings im Vergleich zum chemischen Recycling ist, dass kein Polymerisationsschritt durchgeführt werden muss und die Polymerveredelungsenergie somit eingespart wird. Ein Vorteil im Vergleich zum mechanischen Recycling ist, dass sehr reine und hochwertige Polylactid-Recyclate bereitgestellt werden können, da die mittlere Molmassenverteilung der Polylactide im Recyclat der mittleren Molmasse der Polylactide in der ursprünglichen Neuware entspricht oder diese sogar übertreffen kann.

[0012] Eine Erhöhung der mittleren Molmasse erfolgt während des erfindungsgemäßen Verfahrens in Schritt c) d.h. durch die zumindest teilweise Abtrennung des organischen Lösungsmittels von zumindest einem Teil des mindestens einen Polylactids. Hierbei wird eine Kondensationsreaktion von Polylactid gegenüber einer Hydrolyse von Polylactid begünstigt, weil Polylactid räumlich verdichtet wird, aber dennoch durch restliches, zwischen den Polylactid-Molekülen verbleibendes, Lösungsmittel eine niedrige Viskosität und somit eine erhöhte Reaktivität des Polylactids bewirkt. Zudem werden mit der Abtrennung des Lösungsmittels auch niedermolekulare Substanzen, die im organischen Lösungsmittel gelöst sind, abgetrennt, was das Gleichgewicht durch den erzeugten niedrigen Partialdruck bzw. „Strippeffekt“ weiter in Richtung Kondensationsreaktion verschiebt.

[0013] Zudem ist ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens, dass gegenüber chemischen und mechanischen Anreicherungsverfahren Polylactid selektiv, z.B. aus einer Verbundfolie oder einem Blend, angereichert werden kann. Durch geeignete Wahl des Lösungsmittels kann somit in dem erfindungsgemäßen Verfahren auch selektiv Polylactid mit einem bestimmten mittleren Molekulargewicht angereichert werden.

[0014] Ferner ist das erfindungsgemäße Verfahren bekannten Recyclingverfahren für Polylactid überlegen, wenn die Isolation von Polylactid aus wenig recyclingfreundlichen Kunststoffprodukten, wie beispielsweise Verbundfolien, gewünscht ist. Hier gelangen vor allem die bekannten mechanischen Anreicherungsverfahren regelmäßig an ihre Grenzen.

[0015] Das in dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendete organische Lösungsmittel kann im Wesentlichen wasserfrei sein. Bevorzugt weist es einen Wassergehalt von 0 % bis 1 %, besonders bevorzugt 0,01 bis 0,1 % Vol-%. Der Vorteil an einem wasserfreien Lösungsmittel ist, dass einem Molmassenabbau des Polylactids während des Verfahrens (Hydrolyse der Ester-Bindung) entgegengewirkt wird bzw. ein Molmassenabbau des Polylactids ganz verhindert wird. Somit kann qualitativ hochwertigeres Polylactid bereitgestellt werden.

[0016] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in Schritt c) mit dem organischen Lösungsmittel ein Teil des mindestens einen Polylactids abgetrennt. Bevorzugt wird ein Teil des mindestens einen Polylactids, der eine geringere Molmasse als die durchschnittliche Molmasse des mindestens einen Polylactids aufweist, abgetrennt. Insbesondere ist dieser Teil in dem organischen Lösungsmittel löslich bzw. liegt gelöst vor. Der Vorteil an dieser Ausführungsform ist, dass hochmolekulares Polylactid durch die Abtrennung von gelöstem Polylactid mit niedriger Molmasse angereichert wird. Folglich kann somit (natürlich unter Verlust einer bestimmten Menge an Polylactid-Ausgangsmaterial) gezielt die mittlere Molmasse von dem abgetrennten Polylactid erhöht werden und somit qualitativ hochwertigeres Polylactid bereitgestellt werden.

[0017] Das organische Lösungsmittel kann einen oder mehrere Kohlenwasserstoffe enthalten oder daraus bestehen, bevorzugt Kohlenwasserstoffe mit einem Siedepunkt von 60 bis 250 °C, bevorzugt 80 bis 220°C und besonders bevorzugt 100 bis 200°C.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform ist das organische Lösungsmittel ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus aliphatischen Alkoholen, Ethern und Estern und Mischungen hiervon, besonders bevorzugt THF, HFIP, Aceton, CreaSolv SB, CreaSolv PC, CreaSolv MP und Mischungen hiervon.

[0019] Das mindestens eine Polylactid kann bei einer Temperatur von $\geq 20^\circ\text{C}$, bevorzugt von 22°C bis 100°C , besonders bevorzugt 25°C bis 90°C , gelöst werden.

[0020] Bevorzugt enthält der Polylactid-haltige Abfall mindestens ein Polymer ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus LLDPE, LDPE, HDPE, PP, PS, ABS, PET, PA, PC, PC/ABS, PPO/PS und Mischungen hiervon.

[0021] In Schritt b) des Verfahrens kann die Lösung über zumindest ein mechanisches Verfahren, bevorzugt eine Siebung und/oder Filtration, von dem unlöslichen Abfall isoliert werden.

[0022] Nach der Isolierung der Lösung in Schritt b) kann zumindest ein Teil des mindestens einen Polylactids aus der Lösung gefällt werden, wobei die Fällung bevorzugt so gewählt wird, dass ein Teil des mindestens einen Polylactids in Lösung bleibt. Insbesondere weist dieser Teil des mindestens einen Polylactids eine geringere Molmasse als die durchschnittliche Molmasse des mindestens einen Polylactids auf. Die Fällung kann durch Zugabe eines entsprechenden Fällmittels erfolgen. Die Fällung des mindestens einen Polylactids aus der Lösung kann auch durch Absenken der Temperatur der Lösung, bevorzugt durch Absenken der Temperatur der Lö-

sung auf $\leq 80^\circ\text{C}$, erfolgen. Das insbesondere gallerartige Fällungsprodukt kann anschließend von den unlöslichen Bestandteilen des Kunststoffes abgetrennt werden.

[0023] In Schritt c) kann das mindestens eine gefällte Polylactid von der Lösung mechanisch abgetrennt werden, bevorzugt abfiltriert und/oder abgepresst werden. Besonders bevorzugt erfolgt.

[0024] Schritt c) kann in einem Vakuumknetzer, einem Entgasungsextruder, als Flashverdampfung und/oder in Form einer Feststofftrocknung durchgeführt werden.

[0025] Während oder nach Schritt c) kann das organische Lösungsmittel aus dem gefällte Polylactid durch Inkubation bei einer Temperatur von 50°C bis 200°C , bevorzugt 80 bis 160°C , besonders bevorzugt 100°C bis 150°C und/oder über Anlegen eines Vakuums, insbesondere eines Vakuums mit einem Druck von ≤ 200 mbar, abgereichert werden.

[0026] Besonders vorteilhaft findet die Abreicherung von organischem Lösungsmittel für einen Zeitraum von ≤ 5 h, bevorzugt ≤ 4 h, besonders bevorzugt ≤ 3 h, statt, um eine hydrolysebedingte Verringerung der mittleren Molmasse des angereicherten Polylactids zu reduzieren.

[0027] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird das Lösungsmittel wieder in Schritt a) verwendet und/oder das Lösungsmittel im Kreis geführt. Diese Ausführungsform ist von besonderem ökonomischem und ökologischem Vorteil, da hier auch das Lösungsmittel recycelt wird, also nicht nach jedem Zyklus ausgetauscht werden muss.

[0028] Weiterhin bevorzugt ist, dass in oder nach Schritt c) in einer Kondensationsreaktion die mittlere Molmasse von dem mindestens einen Polylactid erhöht wird. Bevorzugt wird hierbei die mittlere Molmasse des Polylactids um den Faktor > 1 bis 2 , besonders bevorzugt um den Faktor > 1 bis $1,5$ erhöht.

[0029] Der in dem Verfahren eingesetzte Polylactid-haltige Abfall kann mehrere verschiedenen Polylactide enthalten oder daraus bestehen, wobei bevorzugt die verschiedenen Polylactide durch sukzessive Lösungsschritte mit steigender Lösungstemperatur gelöst werden und anschließend von den bei der jeweiligen Lösungstemperatur unlöslichen Polylactiden und unlöslichem Teil des Abfalls getrennt werden.

[0030] Erfindungsgemäß wird ferner ein Polylactid-Recyclat enthaltend mindestens ein Polylactid und Spuren mindestens eines organischen Lösungsmittels bereitgestellt.

[0031] Insbesondere ist das erfindungsgemäße Polylactid-Recyclat herstellbar mit dem erfindungsgemäßen Verfahren.

[0032] Das Polylactid-Recyclat kann dadurch gekennzeichnet sein, dass es 50 bis 50000 ppm, bevorzugt 100 bis 20000 ppm, besonders bevorzugt 150 bis 10000 ppm, organisches Lösungsmittel enthält.

[0033] Letztlich wird die Verwendung von mindestens einem organischen Lösungsmittel zur Anreicherung von mindestens einem Polylactid aus einem Polylactid-haltigen Abfall, insbesondere einer Verbundfolie und/oder einem Polylactid-Blend, vorgeschlagen.

[0034] Anhand der nachfolgenden Figuren soll der erfindungsgemäße Gegenstand näher erläutert werden, ohne diesen auf die hier dargestellten spezifischen Ausgestaltungsformen einschränken zu wollen.

[0035] Fig. 1 zeigt beispielhaft mögliche Lösungstemperaturen und Abtrennungsmöglichkeiten (Fällung über Temperatur und/oder Fällmittel) für verschiedene organische Lösungsmittel bzw. Lösungsmittelgemische.

[0036] Fig. 2 zeigt die mittlere Molmasse von Polylactid in Neuware, nach dem Lösen und thermischer Fällung aus der Lösung und nach der Vakuumtrocknung bei 120°C für 1, 2, 3, 4 und 5 Stunden in Abhängigkeit von dem verwendeten Lösungsmittel. Durch die thermische Fällung wird bei beiden Lösungsmitteln ein Anstieg der mittleren Molmasse (ca. $5,1\%$) des gefällten Polylactids bewirkt. Im Fall des wasserhaltigen Lösungsmittels CreaSolv MP ist eine signifikante Erniedrigung der mittleren Molmasse während der Trocknung zu beobachten, welche auf Hydrolysereaktionen während der Trocknung zurückzuführen ist. Dagegen bleibt bei der Verwendung des wasserfreien Lösungsmittels CreaSolv PC die mittlere Molmasse während der Trocknung relativ konstant. Selbst nach zwei Stunden Trocknung bei 120°C ist die mittlere Molmasse noch auf einem Wert von ca. $3,7\%$ über der ursprünglichen mittleren Molmasse der Neuware. Dagegen ist die mittlere Molmasse nach der gleichen Zeit bei der Verwendung des wasserhaltigen CreaSolv MP die mittlere Molmasse auf einen Wert von ca. 70% der ursprünglichen Molmasse gesunken d.h. hier hat ein signifikanter Abbau der Molmasse durch Hydrolyse stattgefunden.

ZITATE ENTHALTEN 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

- EP 2419395 A1 [0003]
- EP 2295218 A1 [0003]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Hopmann & Schippers, 2012, Coating, Band 8, S. 37–38 [0003]
- Auras, Harte & Selke, 2004, Macromol. Bio-sci., Band 4, S. 835–864 [0004]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Anreicherung von Polylactid aus einem Polylactid-haltigem Abfall, welches folgende Schritte umfasst:

- a) Mischen von einem Polylactid-haltigen Abfall mit einem organischen Lösungsmittel, wobei mindestens ein Polylactid in dem organischen Lösungsmittel gelöst wird und ein unlöslicher Teil des Abfalls zurückbleibt;
- b) zumindest teilweise Abtrennung der Lösung enthaltend mindestens ein Polylactid von dem unlöslichen Teil des Abfalls;
- c) zumindest teilweise Abtrennung des organischen Lösungsmittels von zumindest einem Teil des mindestens einen Polylactids.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das organische Lösungsmittel im Wesentlichen wasserfrei ist, bevorzugt einen Wassergehalt von 0 % bis 1Vol- %, besonders bevorzugt 0,01 bis 0,1 % Vol-%, aufweist.

3. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt c) mit dem organischen Lösungsmittel ein Teil des mindestens einen Polylactids abgetrennt wird, bevorzugt ein Teil des mindestens einen Polylactids, der eine geringere Molmasse als die durchschnittliche Molmasse des mindestens einen Polylactids aufweist und insbesondere in dem organischen Lösungsmittel gelöst ist.

4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das organische Lösungsmittel einen oder mehrere Kohlenwasserstoffe enthält oder daraus besteht, bevorzugt Kohlenwasserstoffe mit einem Siedepunkt von 60 bis 250 °C, bevorzugt 80 bis 220°C und besonders bevorzugt 100 bis 200°C.

5. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das organische Lösungsmittel ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus aliphatischen Alkoholen, Ethern und Estern und Mischungen hiervon, bevorzugt THF, HFIP, Aceton, CreaSolv SB, CreaSolv PC, CreaSolv MP und Mischungen hiervon.

6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass, **dadurch gekennzeichnet**, dass das mindestens eine Polylactid bei einer Temperatur von $\geq 20^{\circ}\text{C}$, bevorzugt von 22°C bis 100°C , besonders bevorzugt 25°C bis 90°C , gelöst wird.

7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Polylactid-haltige Abfall mindestens ein Polymer ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus LLDPE, LDPE,

HDPE, PP, PS, ABS, PET, PA, PC, PC/ABS, PPO/PS und Mischungen hiervon enthält.

8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt b) die Lösung über zumindest ein mechanisches Verfahren, bevorzugt eine Siebung und/oder Filtration, von dem unlöslichen Abfall isoliert wird.

9. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach der Isolierung der Lösung in Schritt b) zumindest ein Teil des mindestens einen Polylactids aus der Lösung gefällt wird, wobei die Fällung bevorzugt so gewählt wird, dass ein Teil des mindestens einen Polylactids in Lösung bleibt, wobei dieser Teil des mindestens einen Polylactids insbesondere eine geringere Molmasse als die durchschnittliche Molmasse des mindestens einen Polylactids aufweist.

10. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fällung des mindestens einen Polylactids aus der Lösung durch Absenken der Temperatur der Lösung, bevorzugt durch Absenken der Temperatur der Lösung auf $\leq 80^{\circ}\text{C}$, erfolgt.

11. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt c) das mindestens eine gefällte Polylactid von der Lösung mechanisch abgetrennt wird, bevorzugt abfiltriert und/oder abgepresst wird.

12. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Schritt c) in einem Vakuumknetzer, einem Entgasungsextruder, als Flashverdampfung und/oder in Form einer Feststofftrocknung durchgeführt wird, bevorzugt bei einer Temperatur von 50 bis 150°C und/oder über Anlegen eines Vakuums, insbesondere eines Vakuums mit einem Druck von ≤ 200 mbar.

13. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach Schritt c) das Lösungsmittel wieder in Schritt a) verwendet wird und/oder das Lösungsmittel im Kreis geführt wird.

14. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach Schritt c) in einer Kondensationsreaktion die mittlere Molmasse von dem mindestens einen Polylactid erhöht wird, bevorzugt die mittlere Molmasse um den Faktor > 1 bis 2, besonders bevorzugt um den Faktor > 1 bis 1,5 erhöht wird.

15. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Polylactid-haltige Abfall mehrere verschiedenen Polylactide enthält oder daraus besteht, wobei bevorzugt

die verschiedenen Polylactide durch sukzessive Lösungsschritte mit steigender Lösungstemperatur gelöst werden und anschließend von den bei der jeweiligen Lösungstemperatur unlöslichen Polylactiden und unlöslichem Teil des Abfalls getrennt werden.

16. Polylactid-Recyclat enthaltend mindestens ein Polylactid und Spuren mindestens eines organischen Lösungsmittels.

17. Polylactid-Recyclat nach Anspruch 16, herstellbar mit dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15.

18. Polylactid-Recyclat gemäß Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Polylactid-Recyclat von 50 bis 50000 ppm, bevorzugt 100 bis 20000 ppm, besonders bevorzugt 150 bis 10000 ppm organisches Lösungsmittel enthält.

19. Verwendung von mindestens einem organischen Lösungsmittel zur Anreicherung von mindestens einem Polylactid aus einem Polylactid-haltigen Abfall, insbesondere einer Verbundfolie und/oder einem PLA-Blend.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Figur 1

Lösungsmittel	Lösungstemperatur (°C)	Fällmittel
THF	bei Raumtemperatur (25 °C)	-
HFIP	bei Raumtemperatur (25 °C)	-
Aceton	45	F1
Aceton	45	F2
Aceton	45	F3
CreaSolv SB (CV-SB)	90	CreaSolv PO63 (CV-PO63)
CreaSolv SB (CV-SB)	90	Temperaturfällung
CreaSolv PC (CV-PC)	85	Temperaturfällung/F1
CreaSolv MP (CV-MP)	85	Temperaturfällung/F1

Figur 2

