

Zertifizierung der Recyclingfähigkeit von PE/PA-Mehrschichtfolien durch das Institut Cyclos-HTP

Versuchsschema bei cyclos HTP

Polyethylen/Polyamid (PE/PA)-Folienabfälle werden bereits seit vielen Jahren in größerem Maßstab recycelt. Auf der einen Seite trennen die derzeitigen Abfallsortierzentren PE/PA nicht von den PE-Abfallströmen und PE/PA wird bereits heute im Abfallstrom der PE-Folien recycelt, auf der anderen Seite ist es gängige Praxis für Barrierefoliehersteller, ihre mehrschichtigen Folienabfallströme intern zu recyceln und unter PE-Bedingungen wieder einzuspeisen, um Folienprodukte in Neewarequalität zu erhalten.

Damit ist der praktische Nachweis erbracht, aber um eine behördliche und verbraucherseitige Akzeptanz zu erhalten, bedarf es einer Zertifizierung, um die PE/PA-Recyclingfähigkeit unabhängig nachzuweisen.

Im Auftrag der BASF wurde 2021 durch das unabhängige Institut cyclos-HTP GmbH mit der Verträglichkeitsprüfung von PE/PA in der flexiblen Polyethylefraktion begonnen und 2023 abgeschlossen, mit positivem Fazit auch bei Hochbarriere- und kaschierten PE/PA-Strukturen.

Im Rahmen des [CHI-C8-PEF-1/4.1](#) Protokolls zur Überprüfung der Recyclingfähigkeit eine Struktur in der flexiblen PE Film Abfallfraktion wird die Wirkung von Polyamid in PE-Folienrezyklat sowohl auf Spritzguss als auch auf Blasfolienanwendungen bewertet.

Die Testmatrix umfasste:

- Coextrudierte PE/PA-Folien mit **bis zu 30 % Polyamiden** (optional mit **bis zu 5 % EVOH**) und **0,5 g Haftvermittler/g PA**
- Coextrudierte PE/PA-Folien mit bis zu 30 % Polyamiden (optional mit bis zu 5 % EVOH) und 0,5 g Bindschicht/ g PA + **0,15 g Kompatibilisator / g PA**
- **Laminierte PE/PA-Folie mit 3,5 % Kompatibilisator** in der PE-Matrix

Als Haftvermittler und Kompatibilisator wird Polyethylen mit unterschiedlichen Pfropfdichten von Maleinsäureanhydrid (PE-g-MAH) verwendet.

Testergebnisse zum Nachweis der Recyclingverträglichkeit

Das cyclos-HTP-Prüfprotokoll unterscheidet zwischen zwei Stufen der Recyclingfähigkeit. Im Prüfprotokoll führt die erfolgreiche Verarbeitung und Anwendungsprüfung einer Rezyklatmischung mit 5% des Prüfmaterials zu einer Zertifizierung als **recyclingtauglich (CHI5)**. Zeigt das geprüfte Material (hier PE/PA-Reggranulat) bei 30 % in der Rezyklatmischung keine negative Auswirkung, gilt das getestete Material **als Wertstoff** im geprüften Recyclingstrom (**CHI30**). Um das Protokoll zu bestehen, darf kein der geprüften Eigenschaften - Verarbeitbarkeit, optische sowie mechanische Eigenschaften - des Rezyklats unter den Ergebnissen einer recycelbaren Vergleichsfolie liegen.

Die Ergebnisse zeigen, dass für coextrudierte Strukturen der Haftvermittler ausreicht, um das Polyamid im PE-Recyclingstrom zu kompatibilisieren. Bei laminierten Strukturen muss ein Kompatibilisator in den PE-Teil der Folienstruktur eingebracht werden. Da die getesteten Folienstrukturen die Anforderungen auf marktüblichem Niveau im Abfallstrom (CHI5) erfüllten, wurde die folgende unabhängige Zertifizierung durch das Institut cyclos-HTP erteilt:



Bereits im Jahr 2022 wurden die Untersuchungen zu coextrudiertem PE/PA von der Zentralen Stelle Verpackungsregister in Deutschland anerkannt: Der Mindeststandard zur Bestimmung der Recyclingfähigkeit von systembeteiligungspflichtigen Verpackungen nach § 21 Abs. 3 VerpackG wurde dahingehend aktualisiert, dass coextrudierte PE/PA-Folien mit dem geforderten Gehalt an PE-g-MAH nicht mehr als Störstoff für die Recyclingfähigkeit von PE-Folienabfallströmen angesehen werden.

Appendix 3: overview of packaging groups/sorts and material-specific recycling incompatibilities

Group/sort	Incompatibilities
Film and LDPE	Fibre-based labels if the cellulose share cannot be removed by means of cold washing; PA layers (excluding nylon 6 or co-polyamide 6-66 in coextruded PE/PA films without EVOH, combined with MAH-grafted PE as an adhesive promoter at a ratio of at least 0.5 g of adhesive per 1 g of PA); PE-X components; PVDC layers; other non-PE polymeric layers (excluding adhesion promoters, adhesives, PP, EVA and EVOH), non-polymeric layers (excluding SiOx/AIOx/metallisations).

Abbildung: Auszug aus Anlage 3: Mindeststandard zur Bestimmung der Recyclingfähigkeit von systembeteiligungspflichtigen Verpackungen nach § 21 Abs. 3 VerpackG ([Minimum standard Packaging-Act 2022.pdf Abs. verpackungsregister.org](#))

Wie erreicht man eine vollständige Recyclingfähigkeit für PA-haltige Mehrschichtstrukturen?

Während alle coextrudierten Folien mit $\geq 0,5$ g Bindschicht pro g Polyamid als kompatibel mit dem PE-Folienrecycling zertifiziert werden können, wird PA sogar als **Wertstoff im PE-Abfallstrom gezählt, wenn** der primären Folienstruktur ein zusätzlicher Kompatibilisator zugesetzt wird. Dieser Kompatibilisator (PE-g-MAH mit hohen Pfropfdichten, z.B. Fusabond® E 226 oder gleichwertige PE-g-MAH-Strukturen) muss in einer PE-Schicht zugegeben werden, die nicht direkt mit PA in Kontakt steht, um es als reaktive Spezies zu erhalten, die erst während des Regranulierprozesses aktiv ist. Wird der Kompatibilisator $\geq 0,15$ g pro g Polyamid zugesetzt, gilt das Polyamid als Wertstoff im PE-Abfallstrom, wie in den folgenden Zertifikaten bestätigen:



Zusammenfassung:

Die geprüften PE/PA-Strukturen sind mit dem PE-Recyclingstrom kompatibel und wirken sich neutral (oder sogar vorteilhaft) auf die Qualität des Rezyklates aus.

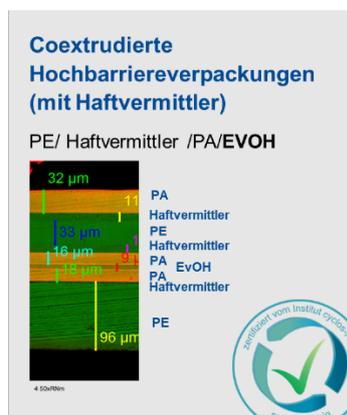
- Alle coextrudierten Folien (PE/PA sowie PE/PA/EVOH) mit einem Haftvermittlerverhältnis von **> 0,5 g Bindschicht/gr PA** sind im PE-Folienabfallstrom recyclingfähig.
- Bei coextrudierten Folien können die Rezyklateigenschaften bei höherer PA-Konzentration im Rezyklat durch **Zugabe eines Kompatibilisators** weiter verbessert werden, so dass eine **Recyclingfähigkeitszertifikate von bis zu 100% erreicht werden kann**. EVOH wird vom Wertstoffgehalt abgezogen.
- Auch **kaschierte Folien mit PA und einem PE-g-MAH-Kompatibilisator** können als **recyclingtauglich angesehen werden** – Recyclingfähigkeit: 100%- % PA-Gehalt- % Klebstoff



Als recyclingkompatibel zertifizierbar:
bis zu 30% PA6 / PA6/66 mit PE-g-MAH

100% recyclingfähig: mit zusätzlichem
Verträglichkeitsvermittler (PE-g-MAH)

Im deutschen Mindeststandard zur
Bemessung der Recyclingfähigkeit
anerkannt

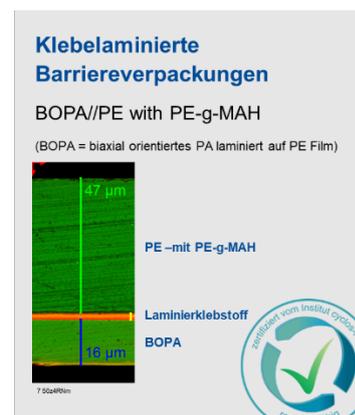


Als recyclingkompatibel zertifizierbar:
bis zu 30% PA6 / PA6/66 mit PE-g-MAH:

100% recyclingfähig: mit zusätzlichem
Verträglichkeitsvermittler (PE-g-MAH)

Individuelle Zertifizierung möglich

Color code of confocal microscopy: PE/Haftvermittler/ unpolare Polymere, PA (BOPA: grünlich)/ EVOH



Als recyclingkompatibel zertifizierbar:
Bis zu 23% PA6 / 2% recyclingkompatibler
Klebstoff / 3,5% PE-g-MAH in der PE
Schicht

Detaillierte Informationen finden Sie unter: [Mechanisches Recycling \(basf.com\)](https://www.basf.com) oder kontaktieren Sie matthias.zorn@basf.com