



Nachhaltig vermarkten

Wie ein biologisch abbaubarer Polyester die Kriterien der Nachhaltigkeit erfüllt

Dirk Stärke und
Gabriel Skupin, Ludwigshafen

Ein biologisch abbaubarer Copolyester weist mit PE-LD vergleichbare Eigenschaften auf und lässt sich auch entsprechend zu Folien für Verpackungsanwendungen verarbeiten. Er erfüllt die strengen Kriterien und Anforderungen für biologisch abbaubare Werkstoffe, für Kompostqualität und die Richtlinien zur Pflanzenverträglichkeit.

Seit 1998 verfügt die BASF über einen biologisch abbaubaren, aliphatisch-aromatischen Copolyester (Typ: Ecoflex). Derzeit wird das Produkt in einer Anlage mit einer Kapazität von 8000 t/a produziert. Aufgrund der sehr positiven Aufnahme am Markt und der hohen Wachstumsraten befindet sich eine Neuanlage mit einer Kapazität von 30 000 t/a in Planung.

Einzelne Produkttypen des Ecoflex-Sortiments sind durch gezielte Verzweigung und Kettenverlängerung auf das jeweilige Anwendungsgebiet ausgerichtet. Das Sortiment umfasst vier Grundtypen:

- ▶ für flexible Folienanwendungen (Ecoflex F),
- ▶ als Basismaterial für Blendformulierungen (Ecoflex S),
- ▶ für Extrusionsbeschichtungen (Ecoflex P) und
- ▶ für Non-wovens und textile Anwendungen (Ecoflex V).

Bei der Entwicklung der einzelnen Produkte wurde von Beginn an darauf geachtet, dass die Verarbeitung auf herkömmlichen Maschinen erfolgen kann. Optimiert wurde die Balance zwischen Eigenschaftsprofil und biologischer Abbaubarkeit.

Große Aufmerksamkeit galt der Untersuchung der biologischen Abbaubarkeit, um sicherzustellen, dass keine negativen Auswirkungen auf Pflanzen- und Tierwelt entstehen. So wurden neben dem polymeren Ausgangsstoff und dem Kompost als Endprodukt auch die als Zwischenstufen entstehenden Abbau-

Metabolite auf ihre toxikologische Unbedenklichkeit untersucht. Ecoflex erfüllt die strengen Kriterien und Anforderungen nach DIN V 54900 für biologisch abbaubare Werkstoffe, die RALGZ 251 für Kompostqualität und die OECD-Richtlinien zur Pflanzenverträglichkeit.

Hauptabsatzgebiet des biologisch abbaubaren Polyesters Ecoflex sind derzeit

sich noch am Anfang seiner Entwicklung. Ziele der Entwicklungsarbeiten sind die Verbesserung der Funktionalität und die Reduzierung der Kosten. Die heutige Situation ist dadurch gekennzeichnet, dass verschiedene BAW auf Basis nachwachsender und fossiler Rohstoffe miteinander kombiniert werden, um durch ein verbessertes Eigenschafts-

Eigenschaft		Ecoflex F BX 7011	Lupolen 2420 F
Dichte	g/cm ³	1,25-1,27	0,922-0,925
Schmelzeviskosität			
MVR 190 °C, 2,16 kg	ml/10 min	3-6	-
MFR 190 °C, 2,16 kg	g/10 min	-	0,6-0,9
Schmelztemperatur	°C	110-115	111
Härte	Shore D	32	48
Vicat VST _a /50	°C	80	96

Tabelle 1. Typische Eigenschaften von Ecoflex F BX 7011 und Lupolen 2420 F

so genannte Stärke-Blends. Hierbei handelt es sich um Formulierungen aus thermoplastischer Stärke und einem biologisch abbaubaren, synthetischen Polymer. Die Stärke-Blends können als Granulat im Blasform-, Spritzgieß- oder Tiefziehverfahren weiterverarbeitet werden. Durch die Verwendung von Ecoflex in Stärke-Blend-Formulierungen kann das Eigenschaftsprofil erweitert werden. Auf diesem Weg ist es möglich, nachwachsenden Rohstoffen weitere, neue Anwendungen zu erschließen.

Der Markt für Produkte aus biologisch abbaubaren Werkstoffen (BAW) befindet

sich noch am Anfang seiner Entwicklung. Ziele der Entwicklungsarbeiten sind die Verbesserung der Funktionalität und die Reduzierung der Kosten.

Nach der deutschen Verpackungsverordnung und Bio-Abfallverordnung können heute nur die Produkte nachhaltig vermarktet werden, die überwiegend aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen. Sämtliche wissenschaftliche Studien zeigen, dass die biologische Abbaubarkeit allein von der chemischen Struktur und nicht von der Herkunft der Rohstoffe abhängt.

Um für die Werkstoffklasse der BAW das Synergiepotenzial von nachwachsenden und fossilen Rohstoffen optimal

Eigenschaft		Ecoflex F BX 7011	Lupolen 2420 F
Transparenz	%	82	89
Zugfestigkeit	MPa	32/36	26/20
Reißfestigkeit	MPa	32/36	-
Reißdehnung	%	580/820	300/600
Schädigungsarbeit (Dyna-Test)	J/mm	14,3	5,5
Permeationsraten:			
Sauerstoff	ml/(m ² d · bar)	1600	2900
Wasserdampf	g/(m ² · d)	140	1,7

Tabelle 2. Typische Folieneigenschaften von Ecoflex F BX 7011 und Lupolen 2420 F mit 50 µm Dicke

nutzen zu können, ist anzustreben, dass bei den anstehenden Novellierungen dieser Verordnungen eine Gleichstellung der Rohstoffbasis erfolgt. Die Benachteiligung der Produkte auf fossiler Rohstoffbasis in den derzeit bestehenden Verordnungen wirkt innovationsfeindlich und verhindert damit auch eine zunehmende Nutzung nachwachsender Rohstoffe.

Eigenschaften und Verarbeitung im Vergleich zu PE-LD

Für die Folienextrusion und Extrusionsbeschichtung wurde Ecoflex FBX 7011 konzipiert. In diesen Anwendungsbereichen finden hauptsächlich Polyolefine, insbesondere Polyethylen, Verwendung. Daher eignet sich für einen Produktvergleich ein PE-LD (Typ: Lupolen 2420 F, Hersteller: Basell), das zur Herstellung von beispielsweise Kunststoffsäcken, Tragetaschen, Windel- und Kaschierfolien eingesetzt wird.

Im Gegensatz zu den meisten Polyesterarten benötigt Ecoflex keine Vortrocknung, da die Hydrolysestabilität bei den üblichen Verarbeitungstemperaturen ausreicht. Wie Tabelle 1 zeigt, hat das Produkt Ecoflex FBX 7011 eine für Copolyester typische Dichte von 1,25 g/cm³, die die Dichte des PE-LD Lupolen

2420 F um 35% übersteigt. Der Schmelzindex MVR 190°C, 2,16 kg liegt bei 3 bis 6 cm³/10 min und damit wesentlich höher als beim PE-LD (MFR 190/2,16: 0,6 bis 0,9 g/10 min). Da Ecoflex bei niedrigeren Massetemperaturen (140 bis 170°C) verarbeitet wird als PE-LD (190 bis 220°C), ist der Unterschied der Viskositäten bei Verarbeitungstemperatur gering.

Die Härte Shore D und die Vicat-Temperatur von Ecoflex F liegen niedriger als die von Lupolen 2420 F. Beide Produkte haben einen Kristallitschmelzpunkt im gleichen Bereich von 110 bis 115°C. Schrumpfmessungen sollten daher bei Temperaturen >100°C erfolgen. Entsprechend Tabelle 2 erreichen Ecoflex und PE-LD gleichzeitig eine hohe Reißdehnung und eine hohe Durchstoßfestigkeit. Beim PE-LD ist es üblich, dass abhängig von den Verarbeitungsbedingungen entweder eine hohe Durchstoßfestigkeit oder hohe Reißdehnungen erzielt werden. Die Zug- und Reißfestigkeiten von Ecoflex liegen deutlich über den Vergleichswerten von Lupolen 2420 F.

Die Sauerstoffdurchlässigkeit des PE-LD ist etwa 80% höher als die von Ecoflex. Umgekehrt beträgt dessen Wasserdampfermeabilität ein Vielfaches des Wertes von PE-LD (Tabelle 2). Ein Grund dafür ist die stärkere Polarität von Eco-

flex FBX 7011 im Vergleich zu Lupolen 2420 F.

Die Wasserdampfdurchlässigkeit kann durch Zusatz des Gleitmittels Ecoflex Batch SL2 deutlich reduziert werden. Bei Dünnfolien mit 15 bis 20 µm Dicke bewirkt der Zusatz von Ecoflex Batch SL2, dass die Wasserdampfermeabilität um ca. 50 bis 60% reduziert werden kann. Der Zusatz von Talkum verringert die Wasserdampfermeabilität nicht. Durch hohe Orientierung der gleichen Folie (in diesem Fall: Faktor 1:4) kann man jedoch eine deutliche Reduktion um ca. 45% erreichen (Tabelle 3).

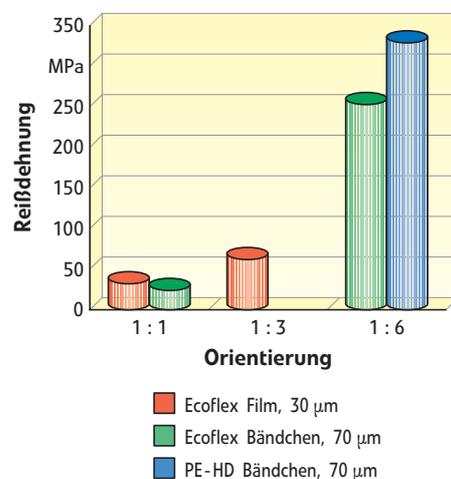


Bild 1. Bei der Orientierung einer Schlauchfolie erhöht sich die Reißfestigkeit um ein Mehrfaches

Bei der Orientierung einer Schlauchfolie von 30 µm Dicke um den Faktor 3:1 wird die Reißfestigkeit von ca. 30 auf 68 MPa gesteigert. Bei einer Orientierung um den Faktor 6:1 erreicht man Reißfestigkeiten von bis zu 250 MPa. Dieser Wert liegt im Bereich von orientiertem PE-HD (Bild 1).

Recycling und Lebensmittelrecht

Bei der Wiederverarbeitung von Produktionsabfällen aus Ecoflex spielt die thermische Stabilität eine wichtige Rolle, da eine hohe Thermostabilität bei höheren Temperaturen auf eine gute Wiederverarbeitbarkeit bei niedrigen Verarbeitungstemperaturen hinweist (Bild 2). Besonders wichtig ist die Thermostabilität bei Thermoformanwendungen. Diese haben üblicherweise einen Rezyklatanteil von 30 bis 70%. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass der Werkstoff die für die jeweilige Anwendung erforderlichen

Produkt	Foliendicke µm	WDP g/m ² · d 23°C, 85% r. h. 100 µm	Reißdehnung in Extrusionsrichtung in N/mm ²
Ecoflex	20	85	41
Ecoflex + Wachs	15	35	39
Ecoflex + Talkum	32	83	25
Ecoflex + Talkum, 1:4	12	46	70

Tabelle 3. Wasserdampfermeabilität von Ecoflex: Wachs- und Orientierungseinfluss

Materialeigenschaften und -qualitäten erfüllt.

Abfälle aus Ecoflex sollten separat von Polyolefinen gesammelt und verwertet werden. Unterwassergranulatoren in Kombination mit Ein- oder Doppelschneckenextrudern sind für das werkstoffliche Recycling von Ecoflex geeignet.

Die Thermoformbarkeit eines Produkts kann in einem Warmdehnungsversuch bestimmt werden. Dabei werden Zugproben mit einem Gewicht belastet (0,02 MPa) und in einen Wärmeschrank gehängt, der so beheizt wird, dass die Lufttemperatur mit 50 °C/h ansteigt. Mit diesem Versuch wird die Warmdeh-

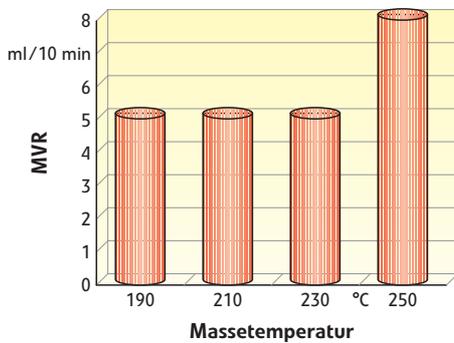


Bild 2. Eine hohe Thermostabilität bei hohen Temperaturen weist auf eine gute Wiederverarbeitbarkeit bei niedrigen Temperaturen hin

nungskurve, die Dehnung der Probekörper mit steigender Lufttemperatur, bestimmt (Bild 3).

Dem Diagramm ist zu entnehmen, dass die Warmdehnungskurven für Polystyrol und Ecoflex zwischen 100 und 120 °C parallel laufen. In diesem Temperaturbereich ist also die Thermoformbarkeit von Ecoflex dem sehr gut thermoformbaren Polystyrol äquivalent. Die Warmdehnungskurve für PE-HD zeigt einen sehr steilen Verlauf. PE-HD ist nur in einem engen Verarbeitungsfenster thermoformbar.

Ecoflex ist einer der wenigen bioabbaubaren Kunststoffe, die in ihrer Zusammensetzung grundsätzlich den europäischen Verordnungen für Kunststoffe im Lebensmittelkontakt entsprechen. Der Kunststoff-Verarbeiter muss die Eignung seines Produkts für die jeweilige Anwendung prüfen und verantworten.

Schlauch- und Chill-Roll-Folien herstellen

Im Vergleich zu anderen biologisch abbaubaren Kunststoffen kommt Ecoflex F

den Verarbeitungseigenschaften von PE-LD bzw. PE-LLD am nächsten. Vor allem in der Schlauch-Folienextrusion zeigt Ecoflex F seine Vorzüge. Auch Chill-Roll-Anwendungen können mit Ecoflex realisiert werden. Die meisten Schlauchfolienanlagen im Markt eignen sich für die Folienherstellung mit Ecoflex F.

In der Regel können Folien aus Ecoflex auf Druckmaschinen für PE-LD bedruckt werden. Der Hersteller empfiehlt, konventionelle Farbstoffe auf Alkoholbasis einzusetzen. Die Folie sollte vor dem Bedrucken Korona-vorbehandelt werden. Die Trocknungstemperaturen sind niedriger als bei PE. Sie müssen während eines Produktionsversuchs bestimmt werden.

Bei der Konfektionierung müssen Folien mit ausreichendem Gleitvermögen eingesetzt werden, um eine Faltenbildung zu vermeiden. Die Schweißtemperaturen sollten beim Wechsel von PE auf Ecoflex auf eine Oberflächentemperatur von ca. 90 bis 100 °C gesenkt werden. Die Perforation sollte mit einem scharfen Werkzeug ausgeführt werden, das für die Perforation von Elastomeren geeignet ist. Bei der Wahl der Schweißparameter ist zu berücksichtigen, dass die Festigkeit von Ecoflex-Schweißnähten auch mit dem Schweißdruck gesteigert werden kann. Ecoflex F kann prinzipiell mit Ultraschall und Hochfrequenz geschweißt werden.

Die meisten Anwendungen erfordern eine Rezepturentwicklung, die sich an den Gebrauchseigenschaften des Produkts und den Anforderungen der Herstellungsprozesse (Extrusion, Druck, Konfektionierung und Abpacken) orientiert. Zu diesem Zweck hat die BASF ein Standard-Batchsortiment auf der Basis von Ecoflex entwickelt. Die Entwicklung einer Folienrezeptur im Hinblick auf die gewünschten Eigenschaften des Endprodukts muss immer auf der Produktionsanlage erfolgen.

Fazit

Ecoflex erfüllt als bioabbaubarer Copolyester die Kriterien und Anforderungen der DIN V 54900, ASTM D 6400 und den japanischen Standard der BPS. Das Produkt ist ökotoxikologisch unbedenklich und erfüllt die Kriterien der Pflanzenverträglichkeit nach OECD und RALGZ. Ecoflex ist sehr gut mit Naturstoffen wie Stärke und Cellulose verträglich.

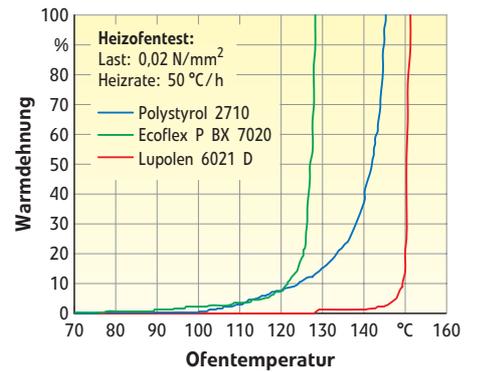


Bild 3. Im Temperaturbereich von 100 bis 120 °C zeigt Ecoflex eine mit Polystyrol vergleichbare Thermoformbarkeit

Hinsichtlich der Verarbeitung erfüllt Ecoflex die Anforderungen eines Produkts für die Folienherstellung und Extrusionsbeschichtung. Es ist bedruckbar, schweißbar und auf herkömmlichen Anlagen verarbeitbar. Produktions- und Verarbeitungsabfälle eignen sich für ein werkstoffliches Recycling.

Ecoflex-Batches bieten die Möglichkeit zu einer breiten Modifikation der Folieneigenschaften für eine Vielzahl von Anwendungen. Ecoflex erfüllt die lebensmittelsrechtlichen Anforderungen nach EC 90/128.

Die Autoren dieses Beitrags

Dirk Stärke, geb. 1961, ist bei der BASF, Ludwigshafen, als Manager zuständig für den Vertrieb von Ecoflex.

Gabriel Skupin, geb. 1956, ist bei der BASF, Ludwigshafen, für Anwendungsentwicklung und technischen Service von Ecoflex zuständig.

Kontakt: ecoflex@basf-ag.de