

# Anlagen wie eine Symphonie

## Direktes Recycling von PET-Flakes zu lebensmitteltauglichen Folien

Auch wenn sparsamer Materialeinsatz ein Dauerbrenner ist: Die Bedürfnisse der Kunststoffverarbeiter ändern sich mit den Anforderungen der Zeit. Momentan ist das Recycling von Post-Consumer-Verpackungen eine große Herausforderung. Ein italienischer Hersteller hat eine zweistufige Anlage entwickelt, die ohne den Zwischenschritt der Granulierung Folien erzeugen kann, die mit Lebensmitteln Kontakt haben dürfen. Wir haben uns am Firmensitz umgesehen.

**K**aum drei Jahre ist es her, dass Bandera unter dem Namen „House of Extrusion“ an seinem Stammsitz in Busto Arsizio unweit von Mailand/Italien ein 3000m<sup>2</sup> großes Technikum eröffnet hat, in dem die Anlagen weiterentwickelt werden und auch Kunden Versuche machen können. In dem Metier, in dem das Unternehmen zuhause ist, spielt allerdings nicht nur die Grundfläche, sondern auch die Höhe der Bauten eine entscheidende Rolle. Denn sie gehören zu den Stars unter den Exponaten auf jeder Fachmesse, weil sie bis unter das Hallendach reichen: Blasfolienanlagen, auf denen typischerweise Verpackungsfolien produziert werden. Der Durchmesser der Werkzeuge kann bei Anlagen von Bandera von 0,4 bis 1,2m betragen, was die Anlagenhöhe in Regionen von 22 bis 26m treibt, bevor die Folien flachgelegt werden und den Rückweg nach unten antreten.

Noch höher hinaus geht es bei dem italienischen Maschinenhersteller, wenn landwirtschaftliche oder Geo-Folien produziert werden: Da erreichen die mit Werkzeugen von bis zu 2,5m hergestellten Blasen Durchmesser von 12m, wie sie nur in Anlagen von etwa 40m Höhe zu produzieren sind. Aus bis zu sieben Schichten bestehen solche Folien, um funktionelle Schichten mit aufnehmen können.

### Neuartige Anlagen in Betrieb zu sehen

Als der größte italienische Hersteller von Extrusionsanlagen im Herbst 2018 anlässlich seiner Open-House-Veranstaltung mehrere aktuelle Anlagen in Betrieb prä-

sentiert, sind nicht die höchsten aus dem Portfolio aufgebaut, sondern solche mit Neuigkeitswert: Um beispielsweise im HDB-Sektor (Heavy Duty Bag) die Foliendicke zu reduzieren, ohne Qualität und Ausstoß zu gefährden, bietet Bandera künftig eine 5-Schicht-Konfiguration der HDBflex line an (**Titelbild**). Sie gibt dem Kunden die Möglichkeit, Schichten in den gewünschten Dicken noch flexibler zu kombinieren als in der bisherigen 3-Schicht-Technik.

Gleich daneben war bei unserem Rundgang eine Anlage zu sehen, aus deren Folien schließlich Kunststofftragetaschen entstehen – allerdings aus einem neuartigen, bioabbaubaren Material. Kein Wunder, dass Senior Sales Manager Andrea Carraro, der seinen deutschen Gast durch das Technikum begleitet, sich an dieser Stelle etwas zugeknöpft gibt. Denn über die Details und den Kunden für die Anlage, die 2019 ihren Betrieb in Frankreich aufnehmen wird, will er noch nicht zu viel verraten.

Umso auskunftsfreudiger ist er bei dem Highlight in Sachen Hartfilm-PET-Extrusion, wo das Unternehmen sich als Marktführer sieht. Es gehört auch zum größten Geschäftsbereich des Hauses: Rund 55 Mio. EUR Umsatz erwirtschaftet das Unternehmen mit Maschinen für Hartfolien und Platten, also ähnlich so viel wie mit den Blasfolienanlagen (weitere 45 Mio. EUR). Zusätzlich hat der Hersteller auch noch Doppelschneckenextruder und Granulierteknik für PVC im Programm. Er übersprang so nach vierjährigem kontinuierlichem Wachstum voriges Jahr im Gesamtumsatz zum ers-

ten Mal die 100-Millionen-Marke und hat eine realistische Chance, das Geschäftsjahr 2018 mit 115 Mio. EUR abzuschließen. Mit rund 200 Mitarbeitern gehört der Maschinenbauer schon zu den größeren KMU und den großen Arbeitgebern in seiner Branche. »



Wechselnde Anforderungen: Außer dem erreichbaren Blasendurchmesser spielt heute bei Blasfolienanlagen die Flexibilität eine wachsende Rolle, mit der sich unterschiedliche Materialien dank Mehrschichttechnik kombinieren lassen (© Hanser/K. Klotz)

**Bild 1.** Materialfluss:  
Andrea Carraro  
erläutert die Aufbe-  
reitung der Bottle-  
Flakes zu lebensmit-  
teltauglichem PET in  
der Anlage zur  
„Purifizierung“

(© Hanser/K. Klotz)



### In einer Anlage von Bottle-Flakes zur Hartfolie für Lebensmittel

Den Nerv der Zeit trifft Bandera mit seiner jüngsten Entwicklung, die das Recycling von Verpackungen betrifft und in einer weiteren Halle aufgebaut ist: Eine zwei-stufige Anlage dekontaminiert dort heiß gewaschene PET-Flakes, die auch aus Post-Consumer-Material stammen können, und produziert daraus im Anschluss direkt mithilfe eines Doppelschneckenextruders der HVTSE-Serie (Highly Vented Twin Screw Extruder) Hartfolien. Diese sind für den Lebensmittelkontakt zugelassen und können daher z.B. zu Verpackungsbehältern für Speisen thermogeformt werden. Tests haben nach Angaben von Bandera gezeigt, dass die Reinigungswirkung der Anlage dabei die Mindestanforderungen der European Food Safety Authority EFSA und der FDA (Food and Drug Administration) in den USA übersteigt.

Keine schlechte Marketing-Idee war es daher vermutlich, dieses System „PUR“ zu taufen. Die eigentliche „Purifizierung“ geschieht in jeweils einem der beiden 500 kg fassenden Reaktoren, in die das zu dekontaminierende Material über eine Mikrowellen-Heizkammer bereits vorgewärmt gelangt (Bild 1). Die gesamte Anlage bringt es so auf 1t/h Durchsatz. Bevor der Reaktorinhalt in einem wärmeisolierten Puffer zwischengespeichert wird, besteht noch die Möglichkeit, nicht richtlinienkonformes Material auszuschleusen.

Die noch warmen, gesäuberten Flakes können aber aus dem Puffer direkt in den Folienextrusionsprozess eingespeist werden, was dort Energie spart. Diesen Kunstgriff zum Energiesparen bei der Inhouse-Produktion von Folien bietet Bandera seit 2017 an und zielt die Purifizierungstechnik seither mit dem hoch-

gestellten Kleinbuchstaben „e“, der an die hohe erreichbare Energieeffizienz erinnern soll.

Vor der Flachfolien-Extrusion gibt eine speziell entwickelte Dosierung dem Kunststoffverarbeiter nun die Möglichkeit, unterschiedliche Sorten von Flakes zu kombinieren, etwa purifizierte mit nur gewaschenen (Bild 2). Dass überhaupt beim Material ein so großer Variations-spielraum besteht, sei dem nachgeschalteten Arbeitspferd für die Extrusion zu verdanken: Der Doppelschneckenextruder arbeitet mit zwei gleichsinnig drehenden (co-rotating) statt gegeneinander laufenden Schnecken – ein Prinzip, das Bandera 1999 patentiert hat und mittlerweile etwa 300 mal weltweit installiert worden ist. Der Zylinder ist bauartbedingt weniger gefüllt als bei Einschneckenextrudern; das Material wird schonend transportiert, aufgeschmolzen, homogenisiert und dabei entgast. Wie sich herausstellte, ist das Verfahren sehr gut geeignet, um PET-Abfälle aus Flaschen oder sortierten Haushaltsabfällen zu PCR-Material (Post Consumer Recycled) zu verarbeiten. Der gleichlaufende Doppelschneckenextruder bewältigt auch 100 %

PCR-Flakes oder natürlich auch Flakes aus den hochwertigeren Produktionsabfällen beim Thermoformen, die sich so umgehend wieder zum Thermoformen nutzen lassen.

### Kostengünstige Alternative: Recycling-Schicht im Sandwich gekapselt

Obwohl eine purifizierte PCR-Schicht direkt als Monolayer zur Herstellung von Lebensmittelverpackungen verwendet werden könnte, gibt es auch gute Gründe dafür, Folien per Coextrusion mit einer Sandwichstruktur nach dem Muster A-B-A zu erzeugen. Dann kann beispielsweise eine Außenschicht aus Neuware oder purifiziertem Material eine Barriere gegenüber der inneren Schicht mit „B-Ware“ darstellen. So könnte Neumaterial einen Sicherheitsfilm gegenüber unerwünschten Stoffen im PCR-Material bilden, die nicht auf der FDA-Liste stehen, oder purifiziertes A-Material könnte eine Mittelschicht aus nur gewaschenen, aber nicht dekontaminierten PET-Flakes kapseln. Zusätzlich können die A-Schichten generell auch technische Funktionen übernehmen: Additive etwa zur leichteren Verarbeitung müssten dann nur in der dünneren Außenschicht zudosiert werden. Etwa 85 % der Bandera-Kunden nutzen laut Andrea Carraro die ABA-Methode, bei der das PCR-Material mit etwa 80 % das „Rückgrat“ der Folie stellt, aber von einer dünnen Innen- und Außenschicht (mit je etwa 10 % des Gesamtgewichts) aus Neuware eingehüllt wird. Diese sandwichartige Konstruktion verhindert einen direkten Kontakt der B-Schicht mit den Lebensmitteln oder noch sensibleren Produkten etwa in der Pharmazie oder Medizintechnik (siehe Kasten).

## No Objection Letter: Methodische Grenzen

Dass Folienproduzenten trotz der Unbedenklichkeitserklärung der FDA die Recycling-schicht eventuell in einer Sandwichstruktur kapseln und damit auf Nummer sicher gehen wollen, hat eine methodische Ursache: Die Testmethode arbeitet mit etwa einem Dutzend definierter Substanzen und untersucht, ob sie von der Entgasung so gründlich entfernt wurden, dass ihre Konzentration unter bestimmten Schwellwerten liegt. Ein „Letter of no objection“ (oft auch als „No Objection Letter“ bezeichnet) kann daher prinzipiell nicht garantieren, dass irgendwelche anderen, eventuell sogar toxischen Substanzen aus dem PCR-Material soweit entfernt werden, dass sie im Produkt keinen Schaden mehr anrichten. Theoretisch nicht auszuschließen ist auch, dass solche Stoffe durch (zu) dünne Neuware-Schichten migrieren. Als ausreichende Dicke betrachtet die FDA bei Umgebungstemperaturen und darunter derzeit A-Schichten von 25 µm und fordert die doppelte Dicke für Temperaturen bis 150 °C (für maximal 30 min Expositionszeit).

„So eine Linie ist wie eine Symphonie“, sagt Carraro plötzlich beim Blick auf die zahlreichen Komponenten der zweistufigen Anlage, die harmonisch zusammenwirken müssen, wenn am Ende eine möglichst perfekte Folie auf den Wickler laufen soll. Die Zweistufigkeit sei aber nicht nur eine Herausforderung, sondern zugleich eine Chance: Parameterabweichungen lassen sich nach Carraros Ansicht leichter vermeiden, weil die Purifizierungsstufe bei der Dekontamination bereits ihre Vorarbeit leistet und der Extruder dann den Rest der Verunreinigungen entfernen kann.

Dann leitet Carraro aber auch schon zum nächsten aktuellen Thema über: geschäumtes PET, das Material und Gewicht spart, da es bei einer Dichte von etwa 0,4 bis 1,15 kg/dm<sup>3</sup> liegt, im Vergleich zu etwa 1,33 kg/dm<sup>3</sup> für übliches PET. Bandera nutzt zum Schäumen Stickstoff, weil das physikalische Treibmittel preisgünstig ist und damit hergestelltes Verpackungsmaterial recycelbar bleibt. Dieses E-PET – egal ob aus gemahlener Produktionsabfällen oder Rezyklat – wird dann von kompakten PET-Schichten auf beiden Seiten umhüllt und auf den Außenseiten durch dünne Neuwareschichten gekapselt – und fertig ist die fünfschichtige Folie. Sie kann z.B. bei Milchprodukten in Konkurrenz zu starrem PET und PS und sogar expandiertem Polystyrol (EPS) treten. Bandera hat für seine Entwicklung zu geschäumten PET-Verpackungen 2008 Patente beantragt und mittlerweile erhalten.

### Blick auf die Unternehmenswurzeln

Bei so vielen unterschiedlichen Technologien darf man mit Recht vermuten, dass das Unternehmen schon auf einige Jahrzehnte Historie zurückblicken kann. Wer wissen will, wo die Wurzeln von Bandera liegen, muss vom großen Hauptsitz in Richtung In-



**Bild 2. Bottle-Flakes:** Je nachdem, wie hoch die Anforderungen an das Endprodukt sind, lassen sich unterschiedliche Qualitäten des PET-Recyclingmaterials separat oder in Kombination nutzen

(© Hanser/K. Klotz)

nenstadt von Busto Arsizio fahren, vorbei an einem zu Ehren des Firmengründers eingerichteten kleinen Kunstmuseum, bis zum früheren Firmensitz. Dort haben seit der Gründung 1947 über die Jahrzehnte mehrere kleine Firmenhallen in gewachsenen Strukturen zueinandergefunden, und auf den Höfen dazwischen lagern Metallzylinder und -scheiben, um bessere Materialeigenschaften zu erhalten. In den Hallen werden Schnecken und Werkzeuge aus den Metallrohlingen herausgeschnitten und bearbeitet, am Schluss poliert und vermessen – bei Problemen müssen sie zurück in die Fertigung. Dort stehen die Arbeiter noch auf groben Holzrosten, zwischen deren Latten sich die Metallspäne sammeln, oft schweisam in ihre Arbeit vertieft.

Das Knirschen der Späne unter unseren Sicherheits-Überschuhen begleitet unseren Weg entlang der Szenerie, die wie aus einem Schaukasten im Museum wirkt, obwohl hier hochspezialisierte Extrusionswerkzeuge in präziser Handarbeit entstehen. Denn neben den Extrudern fertigt Bandera Schlüsselkomponenten wie z.B. die Blasfolienwendelverteiler (**Bild 3**) oder Extrusionsflachdüsen selbst. Imposante Dimensionen auch hier: Stahlringe mit mehreren Metern Durchmesser erhalten als Bestandteile späterer Blas-

köpfe Bohrlöcher sowie spiralg verlaufende Schmelzkanäle und müssen bei Mehrschicht-Werkzeugen später doch millimetergenau ineinanderpassen. Und auf der vielleicht zehn Meter langen Bearbeitungsmaschine, wo nur ein grober Gewebevorhang auf beiden Seiten die Augen vor dem gleißenden Licht schützt, gibt den Schnecken eine nickelhaltige Legierung ihre Härte. Durch sein Schutzglas überprüft der Maschinenbediener mit konzentriertem Blick die Stelle, wo die Legierung aufgetragen wird, während die Bearbeitungsposition sich Millimeter um Millimeter verschiebt.

Ganz stehengeblieben scheint schließlich die Zeit im winzigen Büro des Firmengründers im ältesten Gebäude des Areals: Unangetastet ist die Einrichtung erhalten geblieben, nur ein Bild auf dem Schreibtisch von Luigi Bandera wurde nach seinem Tod im Jahre 2007 ergänzt, bevor das größere Betriebsgelände in Betrieb ging. Und noch immer lautet der volle Name des Unternehmens „Costruzioni Meccaniche Luigi Bandera SpA“ und erinnert so an den Firmengründer, dessen Söhne Pierro und Franco sich heute die Geschäftsführung teilen, während die dritte Generation bereits anfängt mitzuarbeiten. ■

Dr. Karlhorst Klotz, Redaktion



**Bild 3. Schlüsselkomponenten:** Die für die Qualität des Extrusionsprozesses entscheidenden Werkzeuge fertigt Bandera im eigenen Unternehmen

(© Hanser/K. Klotz)

## Service

### Digitalversion

- » Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/7575686](http://www.kunststoffe.de/7575686)

### English Version

- » Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)