

Zerreißprobe bestanden

Umreifungsband aus Flakes.

Die neue Vacurema-Inline-Strapping-Technologie ist darauf zugeschnitten, handels-übliches PET-Flaschenmahl-
gut in einem Arbeitsschritt zu
hochfestem PET-Umreifungs-

band aufzubereiten: Verglichen mit einem konventionellen Einzelanlagen-Verbund aus Kristallisator, Trockner und Extruder ist damit sowohl eine Kosteneinsparung beim Inputmaterial bis zu 25 % als auch eine Energieeinsparung von mehr als einem Drittel erzielbar.



CHRISTOPH WSS

Wie bereits in der Vergangenheit von Rail Cargo Austria informiert, kommt es auf dem Transportweg durch gerissene Ladeeinheitsbindungen aus Stahlband immer wieder zu betriebsgefhrdenden Zwischenfällen. Durch das Abreißen der unter Zugeinwirkung stehenden Stahlbänder gelangen die freien Enden in die unter Hochspannung stehende Fahrleitung und verursachen so eine enorme Gefährdung der Betriebsabwicklung. Ein letzter aktueller Vorfall ereignete sich am 6. Jänner des Jahres in Thüringen. Aus diesem Grund akzeptiert Railion Deutschland ab dem 01.02.2006 auf ihrem Streckennetz nur noch Sendungen mit Ladeeinheitsbindungen aus PET-Verpackungsband mit gleicher Festigkeit. [...] Mit 1. Mai des Jahres werden von den Bahnen generell nur noch Sendungen mit Ladeeinheitsbindungen aus PET-Verpackungsband zur Beförderung übernommen. [...]“, lautete eine bereits am 23. Februar 2006 veröffentlichte Mitteilung der ProRail Internationale Speditionsgesellschaft

m. b. H., Frnitz/Österreich, einem auf die Beförderung von Massengütern, insbesondere Holz, spezialisierten Bahnspezialist.

Vorzüge sprechen für PET-Band

Nicht nur beim Sichern der Ladung von Holztransporten auf der Schiene ersetzt inzwischen Umreifungsband aus Polyethylenterephthalat (PET) vielfach das klassische Metallband. Es sind gleich mehrere Gründe, die den Vormarsch des Polyesterbands fördern. Mit einer zum Metall-

band wettbewerbsfähigen Festigkeit fängt das PET-Band durch seine gleichzeitig deutlich höhere Elastizität selbst wiederholte Erschütterungen auf. Das Verpackungsgut rüttelt sich während des Transports also nicht locker. PET-Verpackungsband ist zudem nicht scharfkantig wie Stahlband, schont somit das Verpackungsgut, und auch die Verletzungsgefhr beim Handling ist erheblich geringer. Darüber hinaus ist PET witterungsbeständiger als Stahl und rostet nicht. Mit PET-Flaschenmahlgut als Ausgangsmaterial ist das Band außerdem ökonomisch

Wachsender Einsatz von PET-R

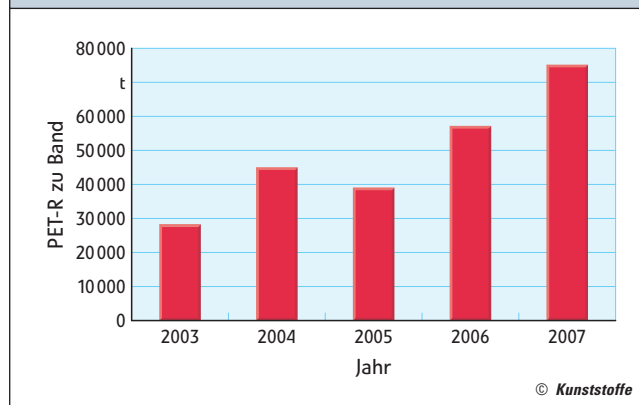


Bild 1. Der Einsatz von PET-R zur Herstellung von PET-Verpackungsband hat sich in Europa in den letzten vier Jahren mehr als verdoppelt

(Quelle: PCI-Reports 2005, 2006 und 2007)

ARTIKEL ALS PDF unter www.kunststoffe.de
Dokumenten-Nummer KU110029

sehr attraktiv und zeigt sich auch in einer CO₂-Bilanz dem Stahlband überlegen.

Diese Vorteile erklären den in Europa stetig wachsenden Einsatz von PET-R zur Herstellung von PET-Umreifungsband (Bild 1). Die in diese Anwendung im Jahr 2007 laut PCI-Report [1] eingeflossenen 75 600 t entsprechen einer Steigerung von über 30 % im Vergleich zum Vorjahr. Von den 2007 aus Flaschenmahlgut rezyklierten insgesamt 738 200 t PET-R gingen damit 10,2 % in die PET-Band-Produktion (2006 waren es 9,2 % von insgesamt 622 300 t PET-R).

Der österreichische Kunststoff-Recyclinganlagenhersteller Erema hat jetzt ge-

meinsam mit seinem italienischen Technologiepartner Techno Plastic s. r. l., Castelfranco Emilia (Modena), eine nach dem sogenannten Vacurema-Verfahren arbeitende neue Inline-Strappinganlage konzipiert. Darin kann handelsübliches PET-Flaschenmahlgut ohne weitere Zusätze und ohne weitere Vorbehandlung in einem Arbeitsgang zu hoch belastbarem PET-Umreifungsband aufbereitet werden. Bei konventionellen Band-Extrusionsanlagen mit vorgeschaltetem Trockner musste hierfür den PET-Flakes bislang stets ein erheblicher Anteil (etwa ein Drittel) PET-Neuware zugemischt werden, um den im Extrusionsschritt stets

stattfindenden Materialabbau (Einbuße an Intrinsischer Viskosität, IV) auszugleichen (vgl. z. B. [2]). Durch den Einsatz von 100 % Flaschen-Flakes als Ausgangsmaterial lassen sich mit der neuen Vacurema-Technologie somit die Rohstoff- und Herstellkosten deutlich senken.

In einem Arbeitsschritt

Die für die Inline-Verarbeitung von PET-Flaschenmahlgut zu hoch belastbarem Umreifungsband optimierte Anlage ist ein Verbund aus dem Erema-Extrusionssystem (Typ: Vacurema Strapping 1308 TE) und einer daran direkt ange-

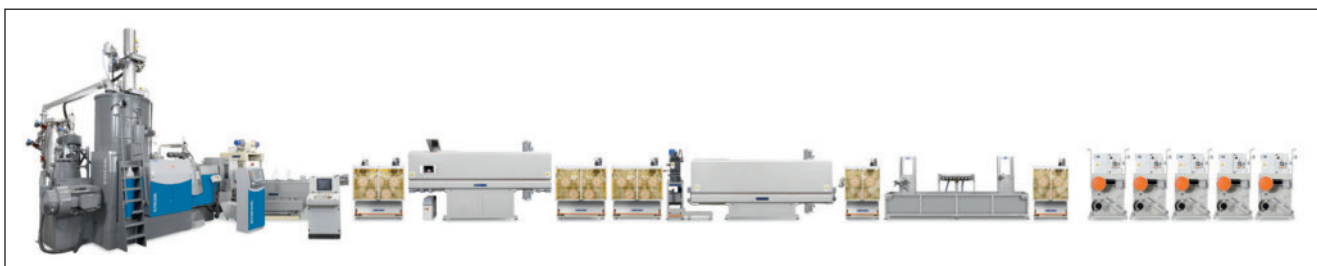


Bild 2. Das Anlagenkonzept für hoch belastbares PET-Verpackungsband aus PET-Flaschenmahlgut besteht aus einer Vacurema Strapping 1308 TE und direkt angekoppelter Reckanlage Tight Strap 300 mit bis zu 130 m/min Abzugsgeschwindigkeit und 300 kg/h Produktionsleistung (Fotos: Erema)

Parameter		Material 1	Material 2	Material 3	Material 4	Material 5
Aufgabematerial						
Vorbehandlung		PET-Flakes, kalt gewaschen	PET-Flakes, heiß gewaschen	PET-Flakes, kalt gewaschen	PET-Flakes, heiß gewaschen	PET-Regranulat aus BOPET-Folie
IV-Wert	[dl/g]	0,75	0,77	0,70	0,69	0,60
Schüttgewicht	[g/l]	280	300	300	200	850
Restfeuchte	[%]	0,38	0,46	1,45	1,01	0,20
PVC	[ppm]	549	223	6	14	–
Polyolefine	[ppm]	45	38	30	456	–
Zellulose	[ppm]	3	–	591	–	–
Klebstoff	[ppm]	–	–	2235	357	–
Sonstige Kontamination		Ölreste	Ölreste	20 ppm Sand	Ölreste, 66 ppm PET-G	–
Aufbereitete Schmelze / Prozessparameter						
IV-Wert Schmelze	[dl/g]	0,73	0,76	0,70	0,64	n. gem.
Durchsatz	[kg/h]	305	290	304	317	314
Spez. Energieaufnahme	[kWh/kg]	0,660	0,660	0,680	0,646	0,620
PET-Umreifungsband, geprägt						
Verstreckung	[%]	570	570	541	546	570
Zugfestigkeit	[N/mm ²]	517–548	538	480	510	422
Reißdehnung	[%]	12–15	12–15	15	15	12–15
Band-Reißlast	[N]	6480–7250	6672	6398	6908	5299
Band-Querschnitt	[mm x mm]	15,75 x 0,84	15,9 x 0,78	15,5 x 0,86	15,75 x 0,86	16,1 x 0,78
Band-Gewicht	[g/m]	16,98	15,9	16,8	17,5	15,4
Spleißverhalten ¹⁾	[ohne Bruch / Bruch]	18/02	19/01	19/01	20/00	18/02

n. gem.: nicht gemessen

1) In diesem Test – nicht genormt – werden 20 Proben längs zur Verstreckrichtung definiert geknickt, um aus dem Bruchverhalten das Spleißverhalten des Bandes abzuschätzen.

Tabelle 1. Beispiele für PET-Umreifungsband, hergestellt mit dem Vacurema-Inline-Strappingverfahren aus 100 % Postconsumer-PET

Parameter	Konventionell mit Trockner + Einschneckenextruder	Vacurema Basic 1308 TE Inline-Strapping
Produktion von PET-Umreifungsband		
Durchsatz, nominal [kg/h]	300	300
Betriebsstunden [h/a] (24 h/d, 300 d/a, Verfügbarkeit 92,6%)	6667	6667
Produktionsleistung [t/a]	2000,16	2000,16
Investitionskosten [EUR]		
Anlage	1 200 000 (incl. Kristallisator)	1 600 000
Fracht	15 000	15 000
Inbetriebnahme	77 000	77 000
Import-Zoll	nicht berücksichtigt	nicht berücksichtigt
Summe Investitionskosten	1 292 000	1 692 000
Fixkosten [EUR/a]		
Abschreibung (5 Jahre)	240 000	320 000
Finanzierung (50 % der Investitionskosten zu 6,5 %)	20 995	27 495
Hallenfläche (Flächenbedarf 500 m ² bzw. 400 m ² ; 1,00 EUR/m ² je Monat)	6 000	4 800
Summe Fixkosten	266 995	352 295
Variable Kosten [EUR/h]		
Personal (2 Bediener à 13,00 EUR/h)	28,08	28,08
Wartung	5,40 (3 % der Anlageninvestition/a)	4,80 (2 % der Anlageninvestition/a)
Energie (Strom) (0,15 EUR/kWh)	45,00 (Leistungsaufnahme: 1 kWh/kg)	30,60 (Leistungsaufnahme: 0,68 kWh/kg)
Summe Wasserkosten (Frischwasser, Kühlwasser)	10,75	10,75
Siebwechsel (10,00 EUR/Sieb)	10,00 (2 Siebe in 2 h: Filter mit 2 Kolben mit je 1 Sieb ohne Rückspülung)	3,33 (4 Siebe in 12 h: Filter mit 2 Kolben mit je 2 Sieben mit Rückspülung)
Summe variable Kosten	99,23	77,56
Produktionskosten [EUR/kg]		
Fixkosten	0,133	0,176
Variable Kosten	0,331	0,259
Summe Produktionskosten	0,464	0,435
Betriebskosten		
Materialkosten [EUR/kg]	0,83 (1/3 Originalmaterial à 1,30 + 2/3 PET-Flakes à 0,60 EUR/kg)	0,60 (100 % PET-Flakes à 0,60 EUR/kg)
Materialkosten [EUR/a]	1 660 133	1 200 096
Produktionskosten [EUR/a]	928 074	870 070
Summe Betriebskosten [EUR/a]	2 588 207	2 070 166
Amortisation		
Unterschied Betriebskosten [EUR/a]	+ 518 041	- 518 041
Unterschied Investitionskosten [EUR]	- 400 000	+ 400 000
Amortisation der um 400 000 EUR höheren Vacurema-Investitionskosten in 9,27 Monaten		

Diese Kalkulation ist beispielhaft und muss im Einzelfall auf die individuellen Gegebenheiten angepasst werden.

koppelten Reckanlage (Typ: Tight Strap 300 von Techno Plastic) (Bild 2) mit einem Durchsatz von 300 kg/h. Ein kürz-

lich während einer Praxisvorführung produziertes Band (geprägt) hatte bei einem Querschnitt von lediglich 15,75 ×

Tabelle 2. Vergleichende Kalkulation der Betriebskosten bei der Produktion von PET-Umreifungsband

0,84 mm² eine Zugfestigkeit von 517 N/mm² (kleinster gemessener Wert), was einer Reißlast des Bandes von gut 6840 N (684 kg) entspricht. Ausgangsmaterial dabei waren zu 100 % handelsübliche, lediglich kalt gewaschene Low-Quality-PET-Postconsumer-Flakes.

Die Grundlagen hierfür schafft die im Bottle-to-Bottle-Recycling bereits weltweit im Einsatz bewährte Vacurema-Technologie von Erema, indem sie handelsübliches Flaschenmahlgut in einem Prozessschritt IV-stabil aufbereitet; Kristallisator oder Trockner als Vorstufen sind dadurch nicht mehr erforderlich. Das System arbeitet mit einem unter Vakuum stehenden Reaktor, der mit einem rotierenden Rührwerk ausgerüstet ist (patentiert), gekoppelt mit einem robusten Einschnecken-Extrusionssystem und optionaler Hochleistungsentgasung. Das Ausgangsmaterial, in diesem Fall PET-Flaschenmahlgut, gelangt ungetrocknet und ohne Vorkristallisation über eine Vakuumschleuse direkt in den Vacurema-Reaktor. Dort wird es in einem einzigen Arbeitsgang gleichzeitig erwärmt (ausschließlich durch Friktionswärme) und unterstützt durch das angelegte Vakuum getrocknet, kristallisiert und von flüchtigen Kontaminationen befreit. Ein direkt an den Reaktor gekoppelter Einschneckenextruder, im konkreten Fall mit einem Durchmesser von 80 mm, plastifiziert und homogenisiert das immer konstant getrocknete Material. Gleichzeitig entgast er

die Schmelze im Bedarfsfall bei stark gasenden Fremdpolymeren oder anderen Verunreinigungen. Das Material gelangt dann ohne Schmelzepumpe direkt in einen Feinfilter, der durch vollautomatisch gesteuerte Rückspülung selbstreinigend arbeitet.

Die filtrierte Schmelze wird sofort inline mit der Anlagentechnik Tight Strap 300 von Techno Plastic zu Umreifungsband weiterverarbeitet. Dazu teilt der Spinnkopf, ausgerüstet mit einer Doppel-Schmelzepumpe, die vom Vacurema-Extruder bereitgestellte Schmelze auf vier Stränge auf, die danach ein Kühlbad durchlaufen. Die erstarrten Stränge werden dann in mehreren Prozessstufen temperiert und verstreckt (wiederholt in sogenannten Galetten auf mehr als das Fünffache der Ausgangslänge), anschließend geprägt und fixiert. Nach dem abschließenden Abkühlen gelangen die Bänder in ihrem Endformat zu den Wickelstationen. Die Gesamtlänge der Tight-Strap-300-Anlage beträgt rund 50 m.

Prozessführung sichert Qualitätskonstanz

Ziel bei der Optimierung der Vacurema-Anlagentechnik zur PET-Bandherstellung war eine wirtschaftliche, IV-stabile Aufbereitung von Flaschenmahlgut zu einer hochwertigen Schmelze. Nur so lassen sich höhere Verstreckungsgrade des Verpackungsbands realisieren, ohne an Festigkeit zu verlieren. Erreicht wurde dieses Ziel durch Modifikationen am Vacurema-Ba-



Recycling von PET-Getränkeflaschen in Europa

Einen Einblick in die aktuelle Situation beim Recyceln von PET-Postconsumer-Flaschenabfall in Europa gibt der vom Beratungsunternehmen PCI PET Packaging, Resin & Recycling Ltd, Derby/England, im Juli 2007 verfasste Report „Post Consumer PET Recycling in Europe 2007 and Prospects to 2012“ [1]. Einbezogen in diese Untersuchung waren die 27 EU-Länder und zusätzlich Norwegen, die Schweiz und die Türkei. Erstellt hat PCI den Report für den europäischen Verband Petcore, PET Containers Recycling Europe, Brüssel/Belgien (www.petcore.org). Dem Bericht nach haben die Sammel- und Rücknahmesysteme in Europa 2007 insgesamt 1 131 000 t PET-Getränkeflaschen dem Recycling zugeführt, 19,8 % mehr als im Vorjahr. Bei einem Umlauf von insgesamt 2 754 800 t PET-Flaschen entspricht das einer Rückführquote von 41,1 % (2006 betrug diese Quote 36,8 %). Aus den 2007 durch mechanisches Recyceln daraus insgesamt gewonnenen 738 200 t PET-R entstanden überwiegend (zu 47,1 %) Polyesterfasern für die Textilindustrie, gefolgt von Flachfolien und Platten (24,2 %), Blasformteilen (16,8 %), Verpackungsbändern (10,2 %) und der Spritzgießverarbeitung (0,9 %).

sic-Reaktor: Im Vergleich zur bisherigen Standardausführung wurde das Volumen des Vakuumreaktors in der Strapping-Anlage (Bild 3) mehr als verdoppelt und gleichzeitig für ein Vakuum von weniger als 10 mbar ausgelegt. Das vergrößerte Reaktorvolumen und geringere Beschickungsintervalle führen somit zu den gewünschten, positiven Effekten: Die verlängerte Vorbehandlung des Aufgabeguts unter hohem Vakuum entzieht effektiv Kontaminationen und Feuchtigkeit, selbst bei schwankender Chargenbelastung mit Feuchtegehalten bis zu etwa 1,5 %, zum Teil sogar darüber hinaus. Ergebnis ist somit eine aus dem Flaschenmahlgut gewonnene homogene Schmelze mit konstantem und hohem IV (praktisch ohne Abbau).

Tabelle 1 fasst exemplarisch die Daten für einige mit der neuen Anlagentechnik inzwischen realisierte Projekte zusammen. Aufgabematerial für die PET-Bandproduktion war stets zu 100 % handelsübliches Postconsumer-PET mit der typischen Eigenschafts-Bandbreite: mit unterschiedlichem Schüttgewicht, unterschiedlichem Feuchtegehalt und unterschiedlich vorbehandelt (kalt oder heiß gewaschen). Wie die Beispiele für die Materialien 1 bis 3 zeigen, bewegt sich der IV-Verlust beim Aufbereiten des Materials mit dem Extrusionssystem Vacurema Strapping in der Regel zwi-

schen 0 und 3 % (je nach Ausgangsmaterial). Deutlich wird bei diesen Beispielmaterialien auch, dass selbst ein Feuchteanteil von bis zu 1,5 % (Material 3) keinen Einfluss hat, d.h. die Entfeuchtung (Dekontamination) unter Hochvakuum im Vacurema-Reaktor sehr wirksam ist. Ein IV-Verlust von rund 7 % wie bei Material 4 resultiert daher ursächlich aus der sonstigen Kontamination des Flaschenmahlguts, in diesem Fall vermutlich insbesondere aus dem relativ hohen Polyolefinanteil (456 ppm), kombiniert mit Ölrückständen. Dennoch erreicht das aus dieser Schmelze hergestellte PET-Band sehr hohe Festigkeitswerte.

Für eine gute Bandqualität sind hohe IV-Werte der Schmelze ein sehr wichtiges, aber nicht das alleinige Kriterium. Zusätzlich wichtig ist u.a., ob das Band beim Einsatz zum Spleißen neigt oder nicht. Die Tests zur Simulation dieses Verhaltens zeigen bei allen in Tabelle 1 aufgeführten PET-Bändern eine für den Gebrauch unkritische Spleißneigung, d.h. die Bänder behalten trotz einer Verstreckung von weit über 500 % ihr zähelastisches Verhalten (im Knickversuch sind im ungünstigsten Fall lediglich zwei von 20 Proben gebrochen).

Das Material Nr. 5 in Tabelle 1 ist ein Beispiel dafür, dass mit der Vacurema-Inline-Strappinganlage selbst Materialien, die normalerweise nicht zur PET-Bandherstellung eingesetzt werden, ein durchaus brauchbares Umreifungsband ergeben: Das eingesetzte Rezyklat mit einem IV-Wert von lediglich ca. 0,6 dl/g ergibt ein Band mit einer Reißlast von immerhin noch 5300 N (530 kg). Dieses Beispiel zeigt gleichzeitig, dass die Anlage auch Ausgangsmaterialien ausschließlich in Granulatform verarbeiten kann, Flakes, Strapping-Produktionsabfälle und Granulat in beliebigem Mischungsverhältnis ▶

Bild 3. Zur IV-stabilen Aufbereitung der Schmelze aus Flaschenmahlgut hat der Vacurema-Reaktor ein gut doppelt so großes Volumen wie im bisherigen Standard und ist für ein Vakuum bis zu 10 mbar ausgelegt

ebenfalls. Diese insgesamt robuste und durchgehend stabile Aufbereitung und Bereitstellung der Schmelze für den nachfolgenden Reckprozess führt zu einer hohen Maßhaltigkeit der produzierten Bänder: Bei der Tight-Strap-Anlage lassen sich Toleranzen (Abweichungen vom Mittelwert) in den Querschnittsmaßen aller vier Bänder von $\pm 0,2$ mm prozessstabil einhalten.

Energie- und Materialeinsparung erhöht Wirtschaftlichkeit

Wie zuvor ausgeführt, erfordert die neue Vacurema-Inline-Strappingtechnologie als Ausgangsmaterial ausschließlich PET-Postconsumermaterial in einfacher Standardqualität. Daraus resultiert im Vergleich zur konventionellen Extruderaufbereitung eine Kosteneinsparung beim Inputmaterial von bis zu etwa 25 %. Hinzu kommt, dass das Erema-Verfahren eine um mehr als ein Drittel geringere spezifische Leistungsaufnahme hat als ein herkömmliches Extrusionskonzept mit vorgeschaltetem Kristallisator und Trockner. Wie sich dies auf die Produktionskosten auswirkt, ist in der vergleichenden Kalkulation in Tabelle 2 detailliert. Verglichen wird darin ein konventionelles Produktionssystem aus Einschneckenextruder, einschließlich vorgeschaltetem Trockner, mit der Vacurema-Strapping-1308-TE-Inline-Strappinganlage bei gleichem Durchsatz.

Demnach fallen für das Vacurema-System um 400 000 EUR höhere Investitionskosten und damit durch Finanzierung und Abschreibung auch entsprechend höhere Fixkosten an, die erwirtschaftet werden müssen. Da bei dieser Anlagentechnik weniger Komponenten zu warten sind als bei der konventionellen Strapping-Anlage, sind bei den variablen Kosten hierfür 2 % der Anlageninvestition angesetzt statt 3 % wie im konventionellen Fall. Und für die Energiekostenberechnung ist für die Vacurema-Technologie der höchste aus den Praxiserprobungen gemessene spezifische Energiebedarf von 0,68 kWh/kg berücksichtigt worden (vgl. Tabelle 1); in den allermeisten Fällen wurde dieser Wert allerdings deutlich unterschritten. Mit diesen Randbedingungen ergeben sich für das Vacurema-Inline-Strappingsystem um knapp 22 % geringere variable Kosten und in der Summe von fixen und variablen Kosten ein Vorteil von rund 6 %.

Bezieht man nun noch die jeweiligen Rohmaterialkosten in die Kalkulation ein, ergibt sich bei einer Jahresproduktionsleistung von rund 2000 t PET-Band für das Vacurema-Inline-Strappingsystem im Vergleich eine Betriebskosteneinsparung von jährlich 518 041 EUR. Somit sind die für diese Anlagentechnik erforderlichen, um 400 000 EUR höheren Investitionskosten bereits nach etwa neun (9,27) Monaten amortisiert. Danach schlägt diese Betriebskosteneinsparung gewinnbringend zu Buche; in fünf Jahren (Abschrei-

bungsdauer der Anlage) wären dies – abzüglich der höheren Investitionskosten – bereits um die 2,2 Mio. EUR. ■

DER AUTOR

ING. CHRISTOPH WÖSS, geb. 1980, ist verantwortlicher Product Manager für die Vacurema-Technologie bei der Erema Engineering Recycling Maschinen und Anlagen Ges.m.b.H., Ansfelden/Österreich; ch.woess@erema.at

LITERATUR

- 1 Post Consumer PET Recycling in Europe 2007 and Prospects to 2012. PCI-Report vom Juli 2008, erstellt für Petcore, Brüssel/Belgien
- 2 N.N.: Stahlbänder abgeschlagen. Kunststoffe 98 (2008) 8, S. 70–71

SUMMARY KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL

Passes the Tensile Test

STRAPPING BAND FROM FLAKE. *The new Vacurema inline strapping technology is tailored for processing PET bottle flake into high-strength PET strapping in a single step. Compared to a conventional complex of individual machines, comprising crystallizer, dryer and extruder, it obtains a cost saving of up to 25% for input material and an energy saving of more than a third.*

NOTE: You can read the complete article in our magazine **Kunststoffe international** and by entering the document number **PE110029** on our website