

Die neue RegrindPro ist auf die Verarbeitung von dickwandigem Mahlgut abgestimmt

(Bilder: Erema)

Sekundärrohstoffe effektiver erschließen

Anlagensystem für das Recycling von dickwandigem Kunststoff-Mahlgut

Damit Regranulat aus Mahlgut die funktionellen Eigenschaften für daraus hergestellte Endprodukte gewährleisten kann, ist ein spezifischer Recyclingprozess erforderlich. Das Anlagensystem Intarema RegrindPro ist exakt auf diese Anforderungen abgestimmt und kann durch eine schonende Aufbereitung und effiziente Filtration dickwandiges Mahlgut zu anwendungsoptimierten Regranulaten verarbeiten.

Um die Kunststoff-Kreislaufströme auch für künftige Generationen zu sichern, muss der Rezyklatanteil in Produkten deutlich erhöht werden. Die Bedeutung von Kunststoffen als sekundäres Rohmaterial steigt also weiterhin stark an. Damit aber Rezyklate 1:1 als Ersatz zu Neuware eingesetzt werden können, gibt es zwei entscheidende Faktoren: Zum einen muss ausreichend Recycling-Rohware verfügbar sein und zum anderen muss diese wirtschaftlich zu Regranulaten mit maßgeschneiderten Eigenschaftsprofilen verarbeitet werden können. Dafür stellt dickwandiges Mahlgut als Eingangsmaterial für das Recycling ein enormes Potenzial dar. Es ist zudem in ausreichenden Men-

gen und vor allem sortenrein verfügbar. Damit Regranulat aus Mahlgut aber problemlos weiterverarbeitet werden kann und die funktionellen Eigenschaften der daraus hergestellten Endprodukte gewährleistet sind, ist ein spezifischer Recyclingprozess notwendig, dem marktübliche Systeme bisher nicht vollständig gerecht werden konnten. Genau dafür entwickelte die Erema GmbH, Anselden/Österreich, das neue Anlagensystem Intarema RegrindPro (**Titelbild**). Die Technologie ist exakt auf alle Arten von dickwandigem Mahlgut-Material abgestimmt und kann durch äußerst schonende Aufbereitung und zuverlässige Filtration Mahlgut zu hochwertigen Regranulaten verarbeiten.

Für Kunststoffverarbeiter stellt Regranulat auf Basis von Mahlgut eine hervorragende Alternative zu Neuware dar. Vor allem deshalb, weil Mahlgut leicht zu sortieren und trennen ist und somit als sortenreines Eingangsmaterial für den vorgeschalteten Recyclingprozess zur Verfügung steht. Rohstoffquellen sind dickwandige Verpackungen wie PE-HD-Blasformflaschen aus dem Hygiene- und Kosmetikbereich, aber auch Tiefzieh- und Spritzgussartikel aus Polypropylen und Polystyrol wie Verschlusskappen, Becher und Schalen für Lebensmittelverpackungen. Aber auch Kunststoffe aus Elektroschrott (WEEE) und Produkte des Automobilbereichs wie Stoßstangen, Batterie-



Bild 1. Die neue Intarema-RegrindPro-Technologie: Für Kunststoffverarbeiter stellt Regranulat auf Basis von Mahlgut (dickwandige Verpackungen, WEEE und Automotive) eine hervorragende Alternative zu Neuware dar

kästen, Verrohrungen im Motorraum haben großes Verwertungspotenzial. Die EU-Richtlinie 2012/19/EU für WEEE sieht ab 2019 eine Verwertungsquote von 85% vor. Das entspricht pro Jahr ca. 12 Mio. t WEEE-Schrott, der ca. 2 Mio. t Kunststoff (größtenteils ABS, PS) beinhaltet. Zudem soll die Verwertungsquote für Fahrzeuge gemäß der Richtlinie ELV (2000/53/EC) seit Januar 2015 mindestens 85% des Gewichts betragen, und diese bestehen derzeit aus 12 bis 15% Kunststoff.

Anhand eines Beispiels aus den USA lässt sich das Potenzial von Polyolefin-Mahlgut verdeutlichen (**Tabelle 1**): Die Post-Consumer-Recyclingrate bei den verschiedenen Flaschentypen liegt in den USA erst bei ca. 30%. Die Flaschen sind aber sowohl für den Verbraucher als auch maschinell leicht zu sortieren, und im Vergleich zu Folien hat Mahlgut ein höheres Schüttgewicht von 200 bis 600 kg/m³ und ist rieselfähig. Beide Eigenschaften tragen dazu bei, dass Wasch- und Sortierprozesse besser funktionieren und das Material damit sortenreiner verfügbar ist. Ähnlich wie beim PET-Flaschen-Recycling kommen die daraus erzeugten Regranulate der Neuware sehr nahe (**Bild 1**).

Für den Einsatz von rezykliertem Mahlgut als Ersatz für Neuware sind die Materialströme in ausreichenden Mengen und verglichen mit Folien auch sortenreiner vorhanden. Verarbeitern geht es aber auch darum, dass die rheologischen Eigenschaften dieser Rezyklate eine problemlose Weiterverarbeitung zulassen und die funktionellen Eigenschaften ihrer Endprodukte gewährleistet sind. Neben der Mechanik sind hier vor allem die Oberflächengüte, Einfärbbarkeit und der Geruch entscheidende Qualitätsfaktoren. Das stellt besonders hohe Ansprü-

che an das Recyclingverfahren, denen marktübliche Systeme bisher nicht immer gerecht werden konnten.

Herausforderung Mahlgut-Recycling

Mahlgut ist aufgrund der hohen Schüttdichte (200 bis 600 kg/m³) und Rieselfähigkeit in der Regel einfach in ein Extrusionssystem zu dosieren und benötigt keine zusätzliche Kompaktierung und Zerkleinerung. Allerdings liegt die Herausforderung insbesondere darin, die dickwandigen Mahlgutpartikel schonend aufzuschmelzen, da diese im Vergleich zu dünnen Folien mehr Zeit zum Durchwärmen und Schmelzen benötigen. Bei herkömmlichen Aufbereitungssystemen wird das Mahlgut über ein Dosiersystem kalt in den Ein- oder Doppelschneckenextruder eingebracht. Zum Aufschmelzen der kalten Mahlgutpartikel ist daher eine längere Verfahrenseinheit notwendig. Das erhöht die Verweilzeit im Extruder, und der Aufschmelzvorgang verläuft unter hoher Scherbeanspruchung. Die Polymerstruktur wird dadurch teilweise zerstört, was

sich negativ auf die mechanischen Eigenschaften der Endprodukte auswirkt. Außerdem werden durch die einwirkenden Scherkräfte die im Mahlgut vorkommenden Störstoffe zerkleinert und dadurch die Filtrationseffizienz drastisch verringert. Verglichen mit Einschnecken Systemen verstärkt sich dieser Effekt bei der gleichlaufenden Doppelschnecke noch durch eine um bis zu 3-fach schlechtere Filtrationsfeinheit aufgrund des geringen Druckaufbaus. Dafür fehlt den kalt gefütterten Einschnecken Systemen wiederum die Flexibilität, um unterschiedliche Mahlgutarten wie beispielsweise PE-HD und PP mit demselben Qualitätsanspruch wirtschaftlich auf einer Anlage aufzubereiten. Zusätzlich machen Feuchtigkeitsgehalte von bis zu 8% bei beiden Systemen eine energieaufwendige Vortrocknung erforderlich.

Der spezifische Aufbereitungsprozess beim Recycling von dickwandigem Material muss also darauf ausgelegt sein, verschiedene Mahlgutarten (PP, PE, PS, ABS etc.) mit unterschiedlichsten Schüttdichten und Feuchtigkeitsgehalten sowie stark variierenden Verschmutzungen durch Störstoffe wie Gummi, Silikon und weichen Kontaminationen wie Holz und Papier sowie Fremdpolymere wie PET und PA verarbeiten zu können. Diese Störstoffe müssen deshalb effektiv entfernt werden, weil auch bei der Produktion von z. B. Flaschen und Rohren vermehrt an der Dicke des Materials gespart wird und die Endprodukte daher umso empfindlicher auf Störstellen durch Verschmutzungen reagieren. Die Statistik aus den USA in **Bild 2** zeigt, zu welchen Endprodukten PE-HD-Flaschenmahlgut verarbeitet wird. Der Großteil davon geht mit 38% in den Bereich Flaschen

Flaschentyp	Menge rezykliert	Menge produziert	Recyclingrate [%]
PET	1798	5764	31,2
PE-HD natur	440,4	1571	28
PE-HD eingefärbt	605	1733	34,9
PVC	0,4	76	0,5
PE-LD	0,3	78	0,4
PP	62	195	31,8
Andere	3,8		
Flaschen gesamt	2906	9417	30,9

Tabelle 1. Flaschenmarkt und -recycling in den USA im Jahr 2013 (Mio. Pfund/Jahr) (Quelle: American Chemistry Council, Association of Postconsumer Plastic Recyclers)

und Hohlkörper, gefolgt von 28 % in den Rohrbereich, 7 % in Automobilanwendungen und 5 % in Folien. Bei diesen Endanwendungen ist neben den mechanischen Eigenschaften, Geruch und Durchfärbbarkeit speziell auch die Oberflächengüte ein essenzielles Kriterium. Dieses kann aber nur erfüllt werden, wenn die dafür verwendeten Regranulate im vorgeschalteten Recyclingprozess hoch effizient gefiltert wurden. Die Wertschöpfung steigt zusätzlich, weil sich dadurch auch der Regranulat-Anteil im fertigen Produkt entsprechend auf bis zu 100 % steigern lässt.

Die RegrindPro-Technologie

Die Besonderheit von RegrindPro liegt darin, dass das Mahlgut im Gegensatz zu anderen Systemen bereits vor der Extrusion durchwärmt wird und so die Flexibilität bei der Materialauswahl sowie die Filtrationseffizienz steigen. Dafür sorgt die für Mahlgut optimierte Preconditioning Unit, in der das Material mittels einer Läuferscheibe mit spezieller Werkzeugkonfiguration äußerst schonend aufbereitet wird (Bild 3). Durch die langsame Drehbewegung dieser Läuferscheibe werden die dickwandigen feuchten Partikel bei hohem Füllstand und somit längerer Verweilzeit effizient getrocknet und entgast. Hohe Verweilzeiten in der Preconditioning Unit sind wichtig, damit das Mahlgut nicht nur getrocknet wird, sondern auch genügend Zeit hat, um homogen durchgewärmt zu werden. Ein zusätzlicher Vorteil der längeren Verweilzeit ist, dass Pulver-Additive wie CaCO₃ mit einem Anteil von bis zu 20 % zugemischt und vor allem auch gut verteilt werden können.

Nach der Vorkonditionierung in der Preconditioning Unit wird das trockene, entgaste und durchgewärmte Material in den direkt angeschlossenen Extruder dosiert und in der kurzen Universalschnecke unter geringster Scherbelastung aufgeschmolzen. Die Counter-Current-Technologie von Erema bietet hier noch einen zusätzlichen Vorteil, der speziell für rieselfähige Materialien wie Mahlgut entscheidend ist. Dabei wird die Schnecke nahezu drucklos befüllt und nimmt nur so viel vom vorkonditionierten Material auf, wie erforderlich ist. Des Weiteren erhöht der Aufschmelzvorgang unter minimaler Scherbelastung die Reinigungseffizienz des Schmelzefilters, da organische oder mineralische Feststoffanteile nicht zusätzlich zerkleinert werden. Damit können selbst Verschmutzungen wie Holz und Papier bestens filtrierte werden, da diese durch den schonenden Prozess nicht auffasern und groß genug für die Abscheidung am Filter bleiben.

Durch die Kombination der optimierten Preconditioning Unit mit einer neuen, besonders sanften Universalschnecke sorgt RegrindPro außerdem für eine hohe Flexibilität bei der Materialwahl. Damit kann beispielsweise Mahlgut trotz unterschiedlicher Schmelzpunkte und Energie-

inhalte, wie etwa bei PE-HD und PP, mit derselben Anlage und bei voller Ausstoßleistung schonend aufbereitet werden.

Nachdem das Material aufgeschmolzen wurde, passiert die Schmelze den erst kürzlich weiterentwickelten Erema-Laserfilter. Durch das Redesign von Schaber-Geometrie und Austragsystem werden Verschmutzungen nun noch schneller abtransportiert, was die Feianteile verringert und zu einem besseren Filtrationsergebnis führt. Damit eignet sich der Laserfilter besonders für den Post-Consumer-Bereich. Konkret werden durch die optimierte Schaber-Geometrie gummiartige, nicht schmelzende Verschmutzungen wie z. B. Silikone und vernetzte Polymere schnell und kontinuierlich vom Sieb entfernt und somit noch effektiver gefiltert. Zusätzlich kommt das Prinzip der patentierten TVEplus-Technologie zum Tragen: Filtern der Schmelze vor dem Homogenisieren und der Entgasung. Dadurch werden Störstoffe aus dem System entfernt noch bevor diese ausgasen und zudem unerwünschte Gerüche bilden können.

Die RegrindPro-Ausführung lässt sich darüber hinaus mit der Recycling- und Compounding-Technologie Corema kombinieren, sodass dann in einem Pro-

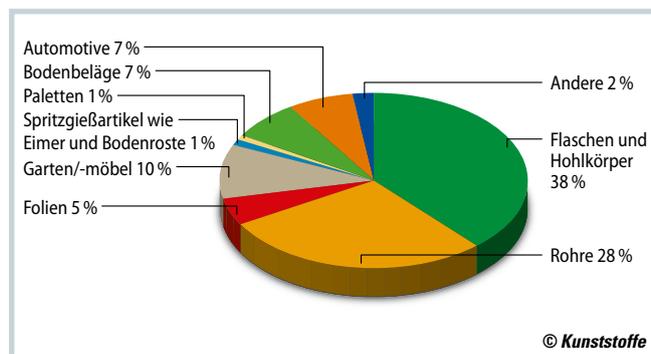


Bild 2. Endprodukte aus rezyklierten PE-HD-Flaschen, Post-Consumer-Markt in den USA

(Quelle: American Chemistry Council, Association of Postconsumer Plastic Recyclers)

Bild 3. Bei der neuen RegrindPro sorgt die Kombination aus Preconditioning Unit und besonders schonender Universal-schnecke für hohe Flexibilität in der Materialauswahl und einen schonenden Aufschmelzvorgang bei geringster Scherbelastung



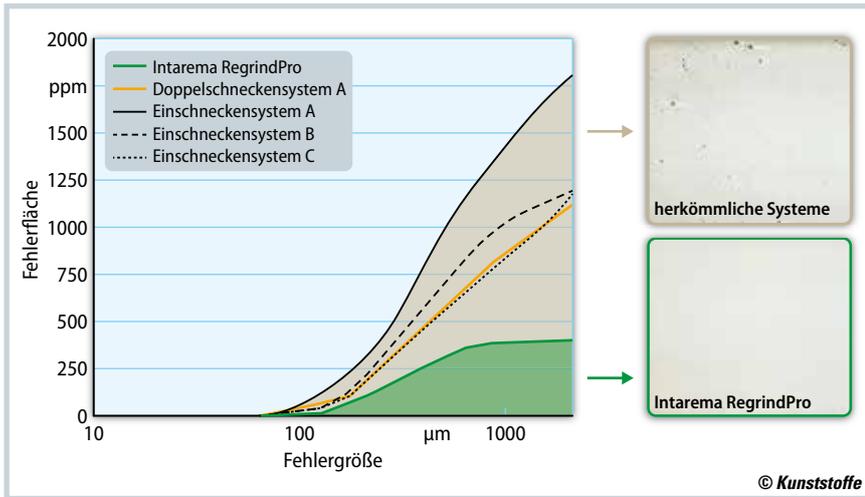


Bild 4. Mahlgut-Recycling-Systeme im Vergleich. Qualitätsprüfung der Regranulate: Folientest mit Fehleranalyse auf einem OCS-Messextruder ME25/25D-V3, Testmaterial: Regranulate aus PP-Mahlgut produziert auf unterschiedlichen Mahlgut-Recycling-Systemen (Filtration: 140 bis 180 µm)

zessschritt direkt maßgeschneiderte Compounds auf Basis von Mahlgut produziert werden können.

Vergleichstest belegt Effizienzvorsprung

Bild 4 vergleicht die Filtrationseffizienz herkömmlicher Einschnecken- und Doppelschneckensysteme mit der neuen RegrindPro-Anlage. Als Ausgangsmaterial wurde bei allen Anlagen chargengleiches PP-Mahlgut natur verwendet und die jeweiligen Regranulate anschließend zu Musterfolien auf einer OCS-Folienanlage im Analyselabor von Erema verarbeitet. Die Fehler in den Folien werden dabei automatisch detektiert, nach Größe kategorisiert und die Fehlerfläche kumuliert dargestellt. Mit dieser sensiblen Testmethode können im Regranulat verbleibende Störstoffe sichtbar gemacht und so die Aufbereitung qualitativ und quantitativ beurteilt werden. Ein hoher Anteil von durch Störstoffe verursachten Fehlern in der Testfolie führt auch bei der Weiterverarbeitung dieser Regranulate in den Endprodukten zu mechanischen und optischen Defekten. Die Grafik dokumentiert die jeweilige Fehleranalyse der aus den unterschiedlichen Regranulaten produzierten Testfolien und zeigt den kumulierten Fehlerflächenanteil als Funktion der Fehlergröße. Im Gegensatz zu den anderen Technologien flacht die Kurve bei RegrindPro bereits bei Fehlergrößen von 400 bis 450 µm ab und bleibt auf einem

konstanten Fehlerflächenanteil von ca. 300ppm. Bei den getesteten kalt gefütterten Ein- und Doppelschneckensystemen hingegen steigt die Kurve, und somit der Flächenanteil der Fehler in der Folie über den gesamten Messbereich deutlich auf über 1000 ppm an. Der Vergleich zeigt, dass die mit RegrindPro produzierten Regranulate deutlich besser filtriert sind und wesentlich weniger und vor allem auch weniger große Störstoffe beinhalten. Dieser Qualitätsunterschied wird bei Betrachtung der Folienmuster bereits mit bloßem Auge sichtbar. Und genau dieser Qualitätsunterschied wirkt sich bei der Weiterverarbeitung der Regranulate z. B. zu Rohren auf die Oberflächenqualität aus.

Optimale Rohroberfläche trotz Silikon-Störstoffen

In Zusammenarbeit mit einem Rohrproduzenten konnte die Effizienz von RegrindPro bestätigt werden. In einer eigenen Recyclingabteilung bereitet dieser Kunde Post-Consumer-Ballenware aus PE-HD (Shampooflaschen) zu gewaschenem Mahlgut auf und verarbeitet es zu Regranulaten, die dann in die Produktion seiner Rohre fließen. Eine Hauptthematik bei der Verarbeitung dieses Mahlguts sind die Silikone und vernetzten Polymere von Dichtungen der Flaschenschraubverschlüsse und Sprühdöpfe. Diese können beim Waschen nicht vollständig abgeschieden werden, schmelzen nicht

und müssen daher in der Extrusion herausgefiltert werden. Ansonsten verursachen sie bei der Wiederverarbeitung des Granulats Löcher in der Rohroberfläche. Silikone zum Beispiel sind aber schwer filtrierbar, da sie sich gummiartig verhalten, sich am Filter lang und dünn ziehen und durch die Filterlöcher schlüpfen. Daher ist es notwendig, dass diese Störstoffe bis zur Filtrierung so groß wie möglich gehalten werden. Das wird durch das schonende Aufschmelzen der bereits vorgewärmten Mahlgüter mittels RegrindPro gewährleistet. Durch das Minimum an Scherkräften bleiben die Silikonpartikel im Extruder groß genug und können so vom Laserfilter noch besser entfernt werden. Eventuell noch in der Schmelze verbleibende Partikel werden – dem TVEplus-Prinzip entsprechend – nach dem Laserfilter intensiv homogenisiert. Denn je kleiner und feiner verteilt die verbleibenden Silikonreste sind, umso weniger stören sie bei der Weiterverarbeitung der Regranulate.

Um die Materialqualität der Regranulate vergleichen zu können, die mit dem beim Kunden bestehenden Doppelschnecken-Extrusionssystem und mit RegrindPro produziert wurden, führte Erema einen Kontrolltest durch. Beide Regranulate wurden im Analyselabor auf der OCS-Folienanlage zu 60 µm-Testfolien

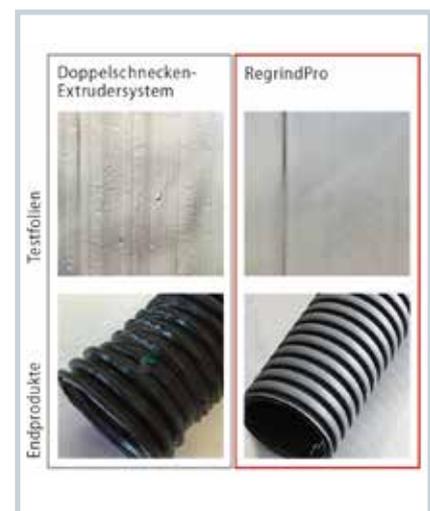


Bild 5. Vergleich der Materialqualität von Regranulaten, die mit dem bisher vom Kunden verwendeten Doppelschnecken-Extrusionssystem (links) und mit RegrindPro (rechts) produziert wurden. Der jeweilige Fehleranteil in den vorab produzierten Testfolien spiegelt auch die Oberflächenqualität der unten im Bild gezeigten Rohre wider

Der Autor

Clemens Kitzberger ist Business Development Manager für den Bereich Post Consumer Recycling bei der Erema Engineering Recycling Maschinen und Anlagen Ges.m.b.H., Ansfelden/Österreich; c.kitzberger@erema.at

Service

Digitalversion

- » Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/1102266

English Version

- » Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

en verarbeitet, die anschließend auf ihre jeweilige Partikelgröße analysiert wurden. **Bild 5** zeigt, dass die Testfolien aus den mit RegrindPro hergestellten Regranulaten wesentlich weniger und vor allem deutlich kleinere Störstoffreste aufweisen. Analog zum Folien-Kontrolltest wurden auch die Oberflächenqualitäten der aus den jeweiligen Regranulaten produzierten Rohre verglichen. Auch hier

zeigt sich, dass die Rohre, die mit Re-grindPro produzierten Regranulaten erzeugt wurden, eine deutlich bessere Oberfläche aufweisen.

Die zweite Hauptthematik ist die Flexibilität bei der Materialauswahl. Bisher konnte der Kunde mit der verwendeten Doppelschnecke nur sehr dickwandiges Mahlgut bis max. 1% Feuchte verarbeiten. Da das bisherige Doppelschnecken-Extrusionssystem nur Inputmaterial mit hoher Schüttdichte ab 200 kg/m³ aufnehmen konnte, mussten die in der Ballenware vorhandenen Leichtfraktionen wie die dünnwandigen Kunststoffreste der Flaschen-Etiketten in der Waschanlage aussortiert werden. Mit der Re-grindPro-Anlage können Materialien nun mit einer Schüttdichtenbandbreite von 30 bis 800 kg/m³ verarbeitet werden. Mit dieser hohen Flexibilität bei der Materialauswahl kann der Kunde mit der neuen Re-grindPro auch diese dünnen Folienreste, d.h. die gesamte Ballenware, im Haus verarbeiten.

Resümee

Um das Potenzial von rezykliertem Mahlgut als Alternative zu Neuware optimal nutzen zu können, ist ein spezifischer Aufbereitungsprozess notwendig. Mit der neuen Anlage Intarema Re-grindPro ist es gelungen, ein Anlagensystem zu

entwickeln, das exakt auf diese dickwandigen Materialien abgestimmt ist. Zusammengefasst bietet Re-grindPro eine Reihe von Vorteilen, um Mahlgut zu anwendungsoptimierten Regranulaten zu verarbeiten, die Endprodukte mit bis zu 100% Rezyklatanteil ermöglichen: In der Preconditioning Unit werden die dickwandigen Mahlgutpartikel homogen durchgewärmt und für die Extrusion vorbereitet. Der Aufschmelzvorgang der durchgewärmten Mahlgutpartikel im Extruder erfolgt schonend und unter minimalem Schereinfluss. Das verhindert eine Zerkleinerung der Verunreinigungen vor der Filtration und erhöht die Filtriereffizienz. Die Durchwärmung des Mahlguts ermöglicht zudem ein Verarbeiten von Polymeren mit unterschiedlichen Schmelzpunkten und Energiegehalten – ohne Schneckentausch bei gleichzeitig hohen Durchsätzen. Die Preconditioning Unit ermöglicht die Verarbeitung von Materialien mit einem breiten Schüttdichten-Spektrum von 30 bis 800 g/l und einer Eingangsfeuchte von bis zu 8%. Zusätzlich ist das Zudosieren von Additiven in Form von Granulaten und von bis zu 20% in Pulverform möglich. Das Re-grindPro Paket kann auf allen Intarema-Anlagen (T, TE, TVEplus) und Corema eingesetzt werden. ■

© Carl Hanser Verlag, München. 2015. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks, der photomechanischen und der elektronischen Wiedergabe sowie der Übersetzung dieses Sonderdrucks behält sich der Verlag vor.