

Geruchsreduktion hoch zwei

Post-Consumer-Rezyklate zur Geruchsverbesserung aufbereiten

Regranulat aus Post-Consumer-Material verliert während der Extrusion vor allem die leicht flüchtigen Geruchsstoffe. Damit es sich für eine noch breitere Palette an Endprodukten eignet, entfernt ein nachgeschalteter thermisch-physikalischer Reinigungsprozess die hochmolekularen Geruchsstoffe.

Rezyklate aus Produktions- und Industrieabfällen werden bereits in vielen Produktionslinien als Sekundärrohstoffe eingesetzt. Im Post-Consumer-Bereich hat sich das Recycling von PET-Flaschen längst bis hin zu lebensmittelechten Anwendungen etabliert. Ein wesentlicher Grund dafür sind die in vielen Regionen gut funktionierenden Sammel- und Sortiersysteme für diese Materialien. Abgesehen von PET-Flaschen wurde das Potenzial der übrigen Post-Consumer-Abfälle bislang nicht ausgeschöpft. Grund dafür sind zum Beispiel starke Qualitätsschwankungen beim Inputmaterial.

Zu einer Qualitätssteigerung von Rezyklaten aus Post-Consumer-Material tragen kontinuierliche Verbesserungen beim Sortieren, Waschen und mechanischem Recyceln bei. Speziell für unangenehme Gerüche verantwortliche Substanzen ließen sich innerhalb dieser Aufbereitungskette und mit der bestehenden Extrusionstechnik aber nicht ausreichend entfernen. Durch das Zusammenspiel der Intarema TVEplus mit der ReFresher-Technik gelingt es, einen beträchtlichen Teil dieser Geruchsstoffe zu entfernen. Während sich das Extrudersystem vorwiegend um die leicht flüchtigen, niedermolekularen Stoffe kümmert, entfernt der ReFresher auch die schwer flüchtigen, hochmolekularen Geruchsstoffe (Bild 1).

Gerüche erst gar nicht entstehen lassen

Ein typisches Problem von Kunststoff aus Haushaltsabfall ist, dass die Verpackung den Geruch der darin enthaltenen Lebensmittel, Kosmetika oder Reinigungs-

mittel aufnimmt. Die hochmolekularen Substanzen, die dabei in den Kunststoff migrieren, entfalten besonders hartnäckige Gerüche. Auch weitere potenzielle Geruchsauslöser lassen sich beim Sortieren und Waschen nicht oder nur teilweise



Post-Consumer-Problematik: Damit Regranulate aus Haushaltsabfällen weniger unangenehme Düfte verströmen, müssen sie einer zweistufigen Behandlung unterzogen werden (© Erema)

Wie Gerüche erfasst werden

Laut einer Studie kann der Mensch über eine Billion unterschiedliche Gerüche unterscheiden [1]. Eine wesentliche Gruppe der Geruchsstoffe stellen Volatile Organic Compounds (VOC) dar. Gängigste Messmethode um sie zu erfassen, ist die Gaschromatographie, die Veränderungen in den Molmassen bestimmt. Leicht flüchtige Stoffe verdampfen aufgrund ihrer niedermolekularen Masse schneller als die schwer flüchtigen und hochmolekularen Stoffe, die ausschließlich durch Spezialverfahren ausgetrieben werden können. Als Indikatormaterial dient oftmals Limonen, ein leicht nach Zitrus riechender Duftstoff. Die große Herausforderung bei Geruchsstoffen besteht darin, dass VOCs selbst in einer Konzentration weit unterhalb der üblichen Nachweisgrenze von $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ eine Geruchswahrnehmung beim Menschen erzeugen können [2]. Aufschlussreiche Analysen ergeben sich daher erst aus der Kombination von gaschromatographischen Ergebnissen mit Analysen von Sensorik-Panels. Dabei beurteilen geruchssensible, eigens geschulte Menschen die Gerüche. Sensorik-Panels sind aufgrund der unterschiedlichen Geruchswahrnehmung je nach Region und Kultur unterschiedlich zusammengesetzt.

Der Autor

Clemens Kitzberger ist Business Development Manager für Post Consumer Applikationen bei der Erema Group GmbH in Ansfelden/Österreich; c.kitzberger@erema-group.com

Service

Literatur & Digitalversion

- Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/3376289

English Version

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

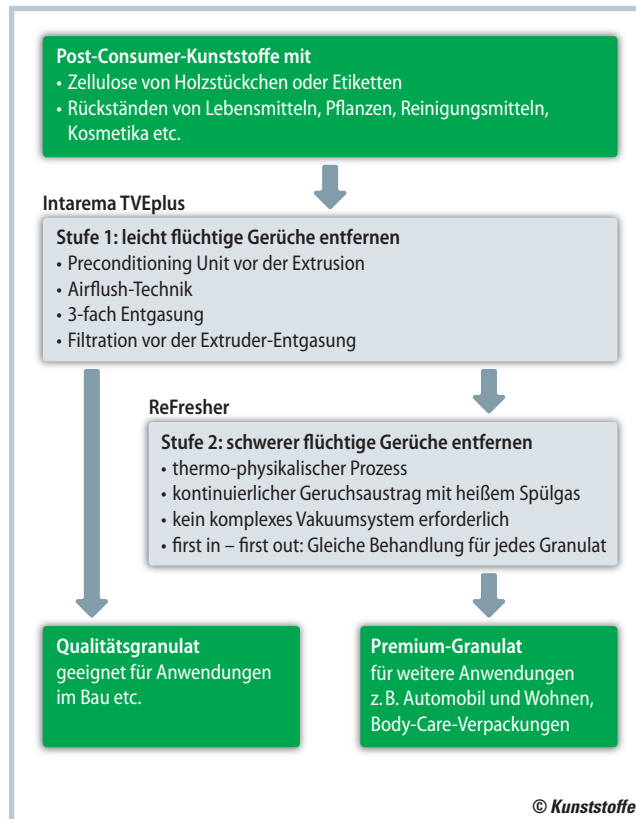


Bild 1. Prozessübersicht: Geruchsreduziertes Granulat entsteht, wenn nicht nur niedermolekulare, sondern auch die schwer flüchtigen, hochmolekularen Substanzen entfernt werden (Quelle: Erema)

entfernen. Dazu gehören Holzrückstände, Papierreste (z.B. Etiketten), gummi- und silikonartige Verschmutzungen, Druckfarben bzw. Lebensmittelrückstände wie Öle oder Fette.

Diese Störstoffe im Extruder-Inputmaterial können bei herkömmlichen Systemen während der Extrusion leicht verbrennen, sich somit chemisch verändern und damit einen Geruch erzeugen, der sich auf den Kunststoff überträgt. Verhindern lässt sich dies durch das mechanische Recyclen von Post-Consumer-Abfällen, bei dem insbesondere Entgasungs- und Filtrationstechniken die Geruchsentwicklung hemmen. In der Intarema TVEplus-Anlage von Erema reduziert schon die bis zu einer Stunde andauernde Verweilzeit des Materials in der großvolumigen Preconditioning Unit den Geruch. Dort wird das Inputmaterial auf den polymerabhängigen Betriebspunkt erwärmt. Leicht flüchtige, niedermolekulare Stoffe können dank der großen aktiven Oberfläche aus dem Material entweichen und werden von der integrierten Luftströmung („Airflush“-Technik) noch vor der Extrusion abtransportiert.

Nach der Vorbehandlung wird das trockene, entgaste und durchgewärmte Material in den direkt angeschlossenen

Extruder dosiert. Genau in diesem Grenzbereich zwischen Preconditioning Unit und Extruder zeigt die Counter-Current-Technik ihre Wirkung. In der Preconditioning Unit bildet sich durch die Rotation der mit Werkzeugen bestückten Läufer-scheibe eine rotierende Trombe (Donutförmige Strömung längs der Mischwand), was eine permanente Umwälzung des Materials bewirkt. Diese Materialtrombe bewegt sich im Gegensatz zu herkömmlichen Systemen gegen die Transportrichtung des Extruders. Dadurch nimmt die Relativgeschwindigkeit des Materials in der Einzugszone dermaßen zu, dass die Schnecke wie eine scharfe Schnittkante wirkt, die den Kunststoff nun förmlich „herausfräst“. Dieses Prinzip ist eine Umkehrung herkömmlicher Technologien, bei der sich das Material im Schneidverdichter in Transportrichtung des Extruders dreht. Die dabei auftretenden Zentrifugalkräfte wurden für die Beschickung des Extruders genutzt, das aufbereitete warme Material somit in die Extruderschnecke gepresst. Im Unterschied dazu sorgt die invers tangential Anordnung im Counter-Current-System dafür, dass die Extruderschnecke nahezu drucklos mit dem vorgewärmten Material befüllt wird. Die Schnecke nimmt sich ge-

nau so viel Material wie eben erforderlich ist. Der Extruder ist nie über-, sondern stets ideal gefüllt und damit wesentlich besser regelungsfähig.

Im Extruder erfolgt die zweite Entgasungsphase, die sogenannte Rückwärtsentgasung, wobei – bedingt durch ein spezielles Schneckendesign – Gaseinschlüsse aus der Schmelze in die Preconditioning Unit rück- und von dort abtransportiert werden. Im Anschluss folgt das sanfte Aufschmelzen bis zur Filtration. Aufgrund der Kürze der Schnecke ist das Material nur einer geringen Scherbelastung ausgesetzt. Die schonende Behandlung mit niedriger Schmelztemperatur und geringen Scherkräften bedeutet, dass Störstoffe wie Zellulose (Papier oder Holz), Gummi oder Silikone nicht verbrennen, was einer zusätzlichen Geruchsentwicklung vorbeugt. Die Störstoffpartikel bleiben groß genug, damit sie der Laserfilter (neben Fremdpolymeren wie z. B. PET, PA oder teilweise PP) effizient entfernen kann, bevor sie unangenehme Gerüche bilden. In der patentierten TVEplus-Zone wird die Schmelze anschließend homogenisiert und auf die für eine Extrusionsentgasung notwendige Temperatur gebracht, damit in der finalen Doppel-Entgasungszone noch verbliebene Gaseinschlüsse und auch Geruchsstoffe aus der Schmelze entweichen können.

Zu diesem Zeitpunkt, also nach der Extrusion, ist der Geruch so weit entfernt, dass das aus Post-Consumer-Materialien gewonnene Regranulat bereits für viele Anwendungen geeignet ist. Solche Endprodukte sind meist Extrusionsprodukte wie Baufolien, Tragetaschen, Müllsäcke und Rohre oder Spritzgießanwendungen wie beispielsweise Abdeckkappen.

Schwer flüchtige und hochmolekulare Stoffe entfernen

Gerüche, die durch schwer flüchtige, hochmolekulare Substanzen entstehen, ließen sich allerdings bislang nicht ausreichend eliminieren. Um solche Gerüche entweder zu überdecken oder die geruchsrelevanten Moleküle einzufangen, können dem Extrusionsprozess Zuschlagstoffe zugefügt werden. Dieser Vorgang widerspricht jedoch dem Circular-Economy-Gedanken. Denn wenn der veränderte Kunststoff am Ende seines Produktkreislaufs erneut recycelt wird, ist der Recycler – abgesehen von Verschmut-

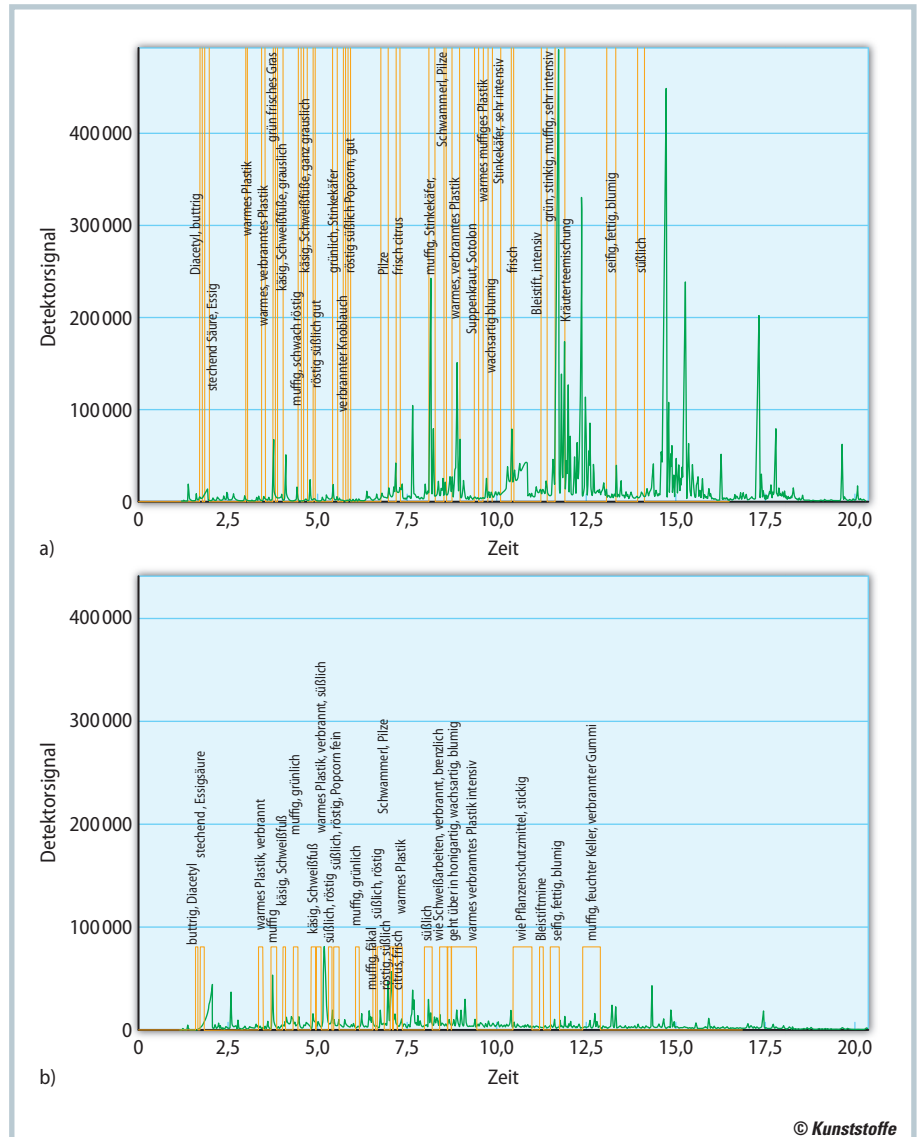


Bild 2. VOC-Werte (grün) und Geruchswahrnehmung (orange): a) Prüfer können Gerüche selbst dann identifizieren, wenn die geruchsverursachenden Substanzen (VOC) unterhalb der Nachweisgrenze liegen, also vom herkömmlichen Detektor nicht mehr gemessen werden und kein Peak im Chromatogramm ersichtlich ist; b) geringere VOC-Konzentrationen korrelieren mit Geruchswahrnehmungen auf niedrigerer Stufe (Quelle: TU Graz)

zungen – dann auch noch mit zusätzlichen Additiven konfrontiert, die wiederum die Eigenschaftsprofile des Kunststoffs beeinflussen, bzw. die zuvor absorbierten Geruchsstoffe bei der erneuten Verarbeitung freisetzen können.

Stattdessen verwendet Erema ein thermo-physikalisches Verfahren zur Geruchsverbesserung. Dabei gelangt das warme und im Inneren noch heiße Regranulat vom Extruder über ein Fördersystem in den Prozessstrichter, in dem es rasch auf die gewünschte Prozesstemperatur gebracht wird. Um die Gerüche auszutreiben und abzutransportieren, werden die Granulate mit Luft als Spülgas be-

aufschlägt. Dieser sogenannte ReFresher funktioniert nach dem Prinzip „first in – first out“. Die Rezyklate weisen also insgesamt ein enges Verweilzeitenspektrum auf. Nach der erforderlichen Prozessdauer gelangt das Rezyklat in einen Kühltrichter, in dem es auf Abfülltemperatur gebracht wird.

Bei der Bauweise des ReFreshers wurde bewusst auf den Kreislaufgedanken geachtet. Zum Beispiel wird die Wärme, die bei der finalen Granulatkühlung entsteht, in den Prozessstrichter zurückgeführt, um die Rezyklate auf die notwendige Prozesstemperatur zu bringen. Der Energiebezug aus einer externen

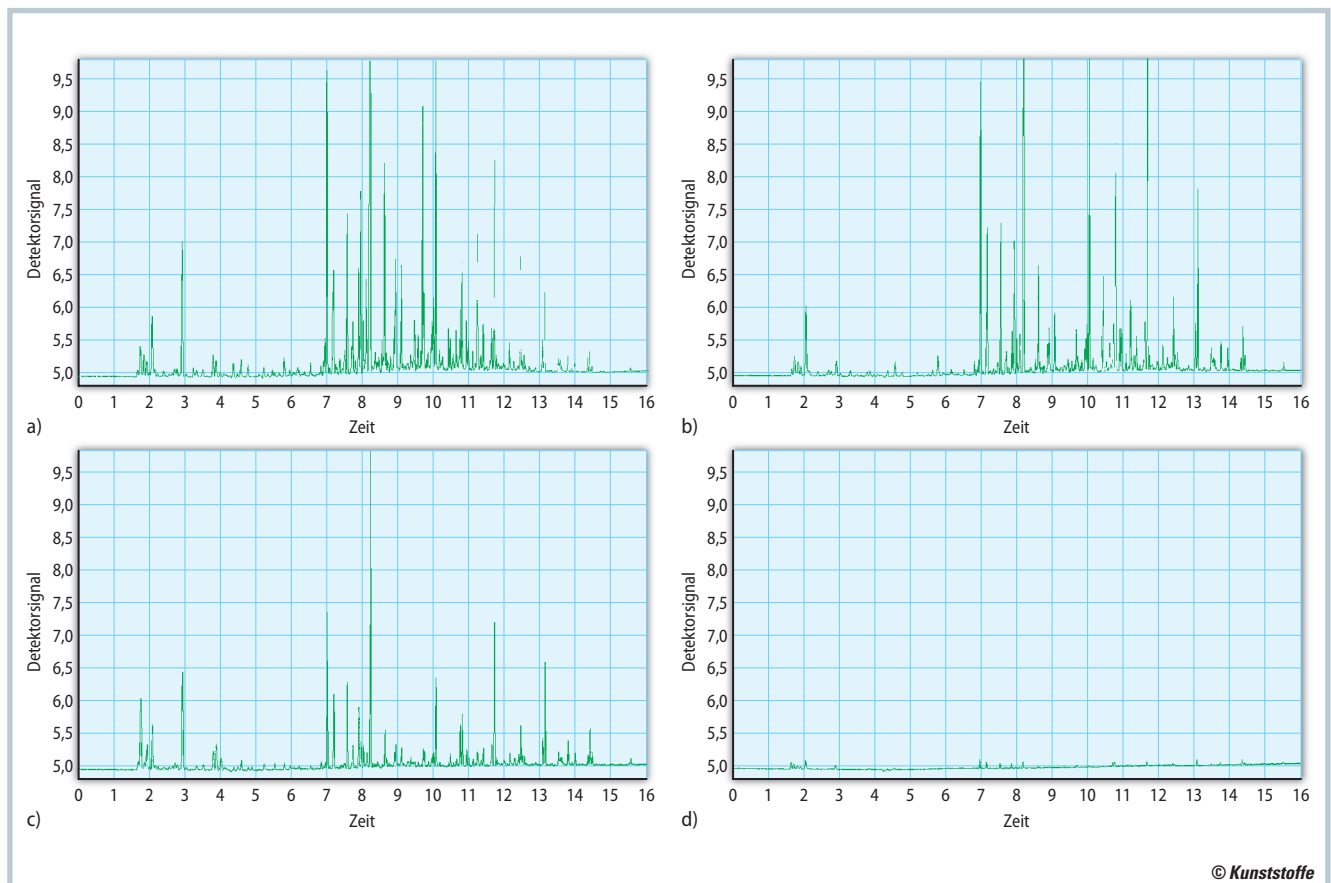


Bild 3. Gaschromatographische VOC-Analyse zur Beurteilung der Geruchsoptimierung: Höhe und Breite eines Peaks sind ein Maß für die Menge der Substanz. a) Inputmaterial vor dem Extrusionsprozess, b) nach der Preconditioning Unit (vor Eintritt in den Extruder), c) nach dem Extrusionsprozess durch die Intarema TVEplus RegrindPro, d) nach weiteren 7h Verweilzeit im ReFresher (Quelle: Fraunhofer IVV)

Quelle ist nur in geringem Maße notwendig. Hier kann auch auf vorhandene Wärmequellen des Kunden zurückgegriffen werden, wie etwa auf Heißdampf von der Waschanlage. Da im Inneren des ReFreshers kaum bewegte Teile zum Einsatz kommen, ist die Verfügbarkeit hoch und die Instandhaltungskosten sind gering.

VOC-Untersuchung

Den Zusammenhang zwischen gaschromatographisch bestimmten VOC-Werten (Volatile Organic Compounds) und Gerüchen, die eigens geschulte Prüfer wahrnehmen, untersuchte das Institut für Analytische Chemie und Lebensmittelchemie der Technischen Universität Graz an flüchtigen und geruchsaktiven Verbindungen aus rezyklierten Kunststoffproben. Mittels Gaschromatographie-Olfaktometrie, bei der die menschliche Nase als selektiver Detektor für geruchsaktive Verbindungen eingesetzt wird, lassen sich in Proben mit einer komplexen Zusammensetzung die geruchsaktiven An-

teile identifizieren. Dabei werden die flüchtigen Verbindungen gaschromatographisch getrennt und die getrennten Substanzen am sogenannten Sniffing Port von den Prüfern abgerochen und beurteilt. Zur Identifikation dient ein parallel betriebener herkömmlicher Detektor. Beide „Spuren“ werden übereinandergelegt, um die geruchsaktiven Abschnitte zu markieren. Die Kombinationsversuche zeigen, dass ein starkes Geruchsempfinden trotz niedriger VOC-Messwerte möglich ist (**Bild 2a**). Gerüche sind also auch identifizierbar, wenn keine VOC messbar sind, also die geruchsverursachenden Substanzen unterhalb der Nachweisgrenze des Detektors liegen. Ein weiteres Ergebnis ist, dass geringe detektierte VOC-Werte mit einem geringeren Geruchsempfinden der Prüfer korrelieren (**Bild 2b**).

Insgesamt ist festzuhalten, dass die Proben vor dem Extrusionsprozess einen hohen VOC-Anteil aufweisen, der während der Verarbeitung gesenkt wird. Der Geruch der Proben entsteht als Summe einer Vielzahl von geruchsaktiven Einzel-

verbindungen, die teilweise ein so hohes Geruchspotenzial haben, dass sie unter der Nachweisbarkeit der „klassischen“ Detektoren liegen, aber von der menschlichen Nase problemlos wahrgenommen werden können.

Gaschromatographische Untersuchungen

In einer von Erema in Auftrag gegebenen Versuchsreihe des Fraunhofer-Instituts für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV wurden flüchtige, organische Substanzen in gewaschenem PE-HD-Mahlgut von Shampoo-Flaschen untersucht – ein typisches Post-Consumer-Material aus dem Haushaltsbereich. In gaschromatographischen Analysen gemessen wurde der VOC-Anteil im Allgemeinen (**Bild 3a**) und die Indikatorsubstanz Limonen im Speziellen (siehe **Infokasten** auf S. 70).

Allein der Limonenwert des PE-HD-Mahlguts beträgt vor dem Extrusionsprozess 73 ppm. Nach einer Stunde Verweilzeit in der Preconditioning Unit (vor Eintritt in

den Extruder) sind viele VOCs bereits deutlich reduziert (**Bild 3b**). Nach dem Extrusionsprozess durch die Intarema TVEplus ReGrindPro sinkt der Limonenwert der Regranulate auf 20 ppm und die Werte der messbaren, geruchsverursachenden VOCs sinken ebenfalls (**Bild 3c**). Nach weiteren 7h Verweilzeit im ReFresher fällt der Limonenwert auf schließlich nur mehr 0,1 ppm und auch die anderen VOC-Werte werden weiter reduziert (**Bild 3d**).

Sonderdruck aus Kunststoff 6/2017



Impressum

Verlag
Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG
Kolbergerstraße 22, 81679 München

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

www.kunststoffe.de



Bild 4. Um Gerüche von schwer flüchtigen, hochmolekularen Substanzen zu entfernen, nutzt der ReFresher die Energie der durch die Extrusion vorgewärmten Granulate. Ein heißer Spülgasstrom sorgt für einen kontinuierlichen Geruchsaustrag – je nach Anwendungsfall mit einer Verweilzeit zwischen 7 und 32h. Die Verweilzeit selbst wird durch konstruktive Maßnahmen für alle Granulate gleich gehalten („first in – first out“) (© Erema)

Fazit

Kleine Holzstückchen, Papierreste – zum Beispiel von Etiketten – oder Gummi- und Silikonverschmutzungen sind potenzielle Geruchsauslöser. Denn diese Störstoffe können bei herkömmlichen Systemen während der Extrusion leicht verbrennen und der Geruch sich in der Folge auf den Kunststoff übertragen. Das Extrudersystem TVEplus der Intarema-Anlage wirkt dieser Geruchsentwicklung entgegen, indem es leicht flüchtige, niedermolekulare Geruchssubstanzen bereits in der Preconditioning Unit verdampft und während der Extrusion austreibt. Der anschließende Reini-

gungsprozess im ReFresher entfernt die Gerüche, die auf schwer flüchtige, hochmolekulare Substanzen zurückgehen, mit Luft als Spülgas (**Bild 4**). Der ReFresher ist in den Standardversionen von 600–4000 kg/h an Ausstoßleistung und mit einer Verweilzeit von 7–32h erhältlich; die geeignete Baugröße hängt vom Inputmaterial und den Geruchsanforderungen an das Endprodukt ab.

Das Zusammenspiel der Reinigungsstufen erschließt einen zusätzlichen Absatzmarkt für Post-Consumer-Regranulate, die zukünftig verstärkt etwa im Interieur von Autos oder in Wohnräumen zu finden sein werden. ■