



Schmelzezuführ- und Granuliersysteme zur Herstellung von virgin-like rPET

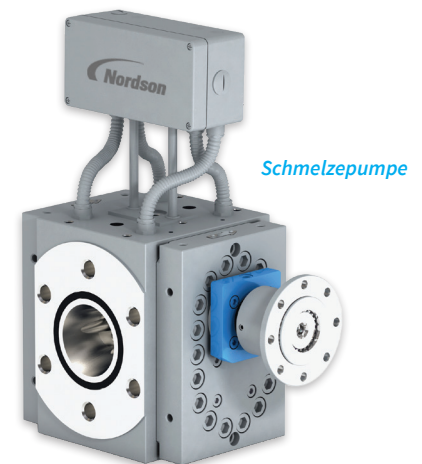
Die weltweit hohe Nachfrage nach recyceltem PET (rPET) hat Polymerverarbeitungssysteme, mit denen geschmolzenes Polymer aus PET-Flakes in hochwertiges Material zur Wiederverwendung umgewandelt wird, vor neue Aufgaben gestellt. Die mit Abstand größte Herausforderung ist das Bottle-to-Bottle Recycling, bei dem Regulierungs- und Markt Vorgaben nun eine dramatische Steigerung der Flaschensammlung und der Verwendung von rPET in neuen Verpackungen erfordern.

Dem Extruder nachgeschaltet umfassen die ausschlaggebenden Anlagenbestandteile in den rPET-Produktionslinien Schmelzepumpen und Schmelzfilter, sowie Granuliersysteme und nach Bedarf Systeme zum Kristallisieren von granuliertem Material. Die größten Herausforderungen für die Verarbeiter von PET-Flakes sind die zunehmenden Anforderungen an:

- **Hobe Reinheit.** Das Ausgangsmaterial für Bottle Flakes enthält erhebliche Mengen an Verunreinigungen wie Etiketten, Metallen, Papier, Holz und anderen Kunststoffen als PET. Diese Substanzen müssen vom Schmelzfilter herausgefiltert werden.
- **Stabiler Schmelzedruck.** Eine Schmelzpumpe liefert den gleichmäßigen Schmelzeffluss und Druck, der erforderlich ist, damit der Prozess effizient ist und gleichbleibend hochwertige Produkte hergestellt werden. Für jede Komponente nach dem Extruder müssen die Druckanforderungen berechnet werden, um die geeignete Antriebskraft des Extruders und den Typ der Schmelzpumpe zu bestimmen.
- **Filtrationsfeinheit der Schmelze.** Eine Feinheit von 25 bis 30 μm ist für Anwendungen von Bottle-to-Fiber wesentlich, um die Lebensdauer der Siebpaketes auf der Spinnlinie zu verlängern. Beim Bottle-to-Bottle Recycling werden die Feinheiten jetzt von 60 μm oder mehr auf 40 μm oder weniger erhöht. Im Vergleich - ein junges, gesundes menschliches Auge kann Partikel, die feiner als 50 μm sind, nicht unterscheiden.
- **Minimale Polymerverluste.** Der weit verbreitete "Rückspül"-Schmelzfilter stößt im Zuge des Filterprozesses einen Teil der Polymerschmelze aus, um Verunreinigungen zu entfernen. Im Laufe der Zeit kann der Materialverlust erheblich sein. Innovationen bei Schmelzfiltern haben das Ziel, solche Verluste zu reduzieren.
- **Energieeffizienz.** In Unterwassergranuliersystemen gibt es drei Phasen, in denen ein Energieeintrag erforderlich ist, **1)** Temperierung des zirkulierenden Prozesswassers **2)** Trocknen des Granulats; und **3)** Kristallisation. Technische Innovationen müssen zum Ziel haben, den Energieverbrauch in diesen Phasen zu senken.
- **Hobe Produktivität.** Der maximale Durchsatz, der derzeit als Standard bei der Herstellung von rPET-Pellets für Flaschenanwendungen angesehen wird, liegt bei fast 5 Tonnen pro Stunde. Ob diese Raten bei Post-Extrusionskomponenten erreicht werden, hängt von drei Faktoren ab: **1)** Komponentendesigns, die optimierte Fließigenschaften ergeben; **2)** verbesserte Kontrolle über Schmelzedruck und -temperatur und **3)** Reduzierung der Ausfallzeiten aufgrund von Fehlerbehebung und Wartung.

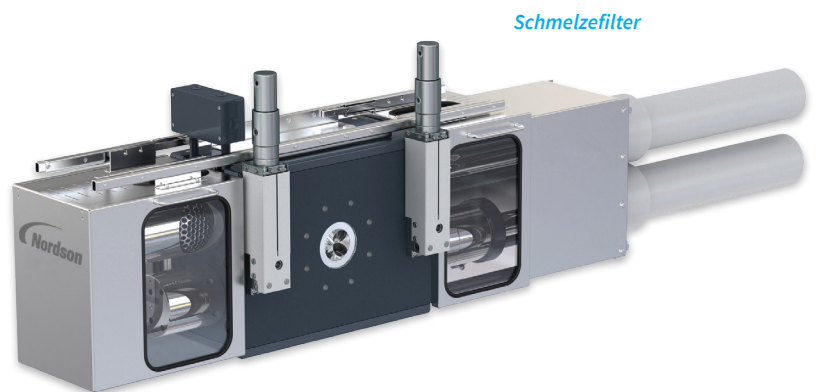
Schmelzepumpe

Die Schmelzepumpe übernimmt einen Teil der Aufgabe des Schmelzdruckaufbaus vom Extruder. So wird die Belastung des Extruders und des verarbeiteten Materials verringert, die Schmelze aber dennoch auf das Druckniveau gebracht, das vom Filtrationssystem und den nachgeschalteten Geräten benötigt wird. Darüber hinaus sorgt die Schmelzepumpe für einen gleichmäßigen Durchfluss und reduziert Spannungsspitzen und andere Prozessschwankungen, die sich negativ auf den Granulierprozess und die Gleichmäßigkeit des Granulates auswirken können. Durch die Verwendung einer Schmelzepumpe kann das Entgasungssystem eines Extruders zuverlässiger gemacht und die Extruderlänge verringert werden.



Schmelzefilter

Während sie typischerweise unmittelbar nach dem Extruder und vor dem Filtrationssystem eingesetzt wird, kann der Schmelzepumpe ein zusätzlicher Schmelzefilter vorgeschaltet werden, der eine „Vorfiltration“ mit einer Feinheit von bis zu 1.000 μm ermöglicht. So werden große Partikel entfernt, die übermäßigen Verschleiß der Schmelzepumpe verursachen können. Bei dieser Partikelgröße beträgt der Kontaminationsgrad weniger als 0,1%, vorausgesetzt, dass vor dem Extrudieren effizient gewaschen und sortiert wurde. Andernfalls ist der Verschmutzungsgrad höher.



Für den Hauptfiltrationsschritt in der PET-Verarbeitung ist ein bolzenbetätigtes System mit einer Selbstreinigungsfunktion, die auf einem hydraulisch angetriebenen Prozess namens Rückspülen basiert, Stand der Technik. In einem Schmelzefilter mit vier Siebkavitäten beispielsweise, wird der Schmelzestrom in vier Ströme aufgeteilt. Die Rückspülung beginnt automatisch, wenn die durch Anhaften von Verunreinigungen verursachte Druckdifferenz auf ein voreingestelltes Niveau ansteigt. Die Schmelze wird dann komprimiert und in umgekehrter Richtung durch das Sieb geleitet, wobei Verunreinigungen aus dem System abgeführt werden. Die Sequenz wird für jede Kavität nacheinander durchgeführt. Im Normalbetrieb fließt das Polymer durch alle vier Siebkavitäten. Während eine der Kavitäten gereinigt wird, wird die Produktion durch die anderen drei fortgesetzt.

Bei der Verbesserung dieser Art von Filtrationssystemen gibt es zwei Herausforderungen: Erstens die Reduzierung von Ausfallzeiten durch Verlängerung der Lebensdauer der Siebe und damit Verringerung der Häufigkeit der erforderlichen Siebwechsel. Und zweitens, um den Materialverlust zu verringern, indem sowohl die pro Rückspülzyklus eingesetzte Polymermenge als auch die Anzahl der in einem bestimmten Zeitraum benötigten Zyklen verringert werden. Bei einer Tonne PET-Bottle Flakes, die für 920 Euro verkauft wird, können Materialverluste bei einem sich 24/7 im Betrieb befindlichen Standard-Rückspül-Filtrationssystem mehr als 100.000 Euro pro Jahr betragen.

Zur Lösung dieser Probleme hat Nordson einen Filterstack entwickelt, der aus mehreren sogenannten FlexDiscs™ besteht. Dieser ersetzt das Standardsieb in jeder Kavität. Dadurch

wird die Filtrationsfläche erheblich vergrößert und gleichzeitig der durch Rückspülung verursachte Schmelzverlust verringert. Jeder Filterstack besteht aus zwei bis vier Kassetten mit zwei Siebpaketen pro Kassette.

Beim PET-Recycling haben Rückspül-Filtrationssysteme in Kombination mit FlexDisc-Filterstacks eine Filtration von bis zu 25 bis 30 µm, eine längere Lebensdauer der Siebe und einen um mehr als 50% geringeren Materialverlust im Vergleich zu vergleichbaren Schmelzefiltern erzielt. Vergleichsdaten aus Versuchen bei einem Recyclingunternehmen sind in **Tabelle 1** aufgeführt.



FlexDisc™

Tabelle 1

Reduzierung von Ausfallzeiten und Materialverlusten mit BKG® FlexDisc™ Filterstacks für Filtrationssysteme

Quelle: Nordson Corporation

	Mitbewerber (8 Kavitäten)	BKG® HiCon™ V-Type-250-3G mit BKG® FlexDisc™
Durchsatz	1.800 kg/h	1.800 kg/h
Filtrationsfeinheit	30 Mikrometer	30 Mikrometer
Filterfläche	1.814 cm ²	4.000 cm ²
Siebwechsel pro Tag	2 bis 3	---
Siebwechsel pro Woche	14 bis 21	2
Siebstandzeit (Stunden)	8 bis 12	110
Maximale Anzahl Rückspülungen	20	120
Materialverlust pro Rückspülzyklus	11,33 kg	9,97 kg
Materialverlust pro Tag	680 kg	239 kg
Materialeinsparung	---	65%

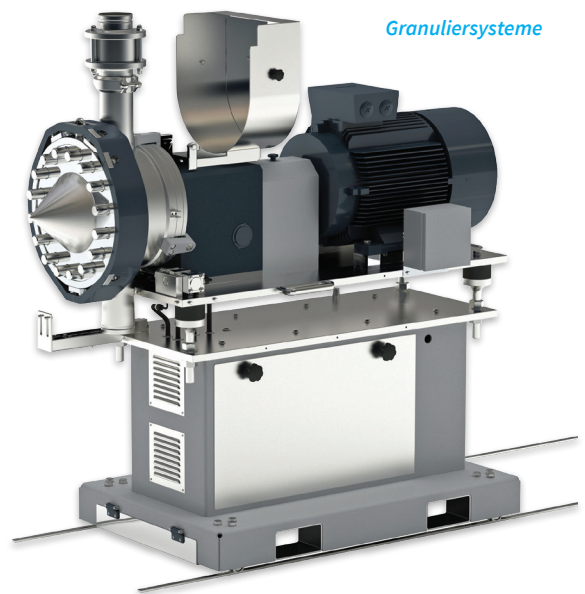
Granuliersysteme

Beim PET-Recycling werden zwei Arten von Granuliersystemen verwendet: Stranggranulatoren und Unterwassergranulatoren (UWGs). Wasserring-Granulatoren sind für niedrigviskose Materialien wie PET nicht geeignet.

UWGs werden häufig zum Recycling eingesetzt. Sie bieten gegenüber Stranggranulatoren mehrere Vorteile. Die UWG kann bei weitem die höchsten Durchsatzraten erzielen und ist automatisierungsfähiger, was eine Verknüpfung mit dem vorgelagerten Prozess ermöglicht. Im Gegensatz zu Stranggranulatoren ist die Unterwasserproduktion von Granulaten ein geschlossener Prozess, der die Emissionen sowie die Staubentwicklung während der Produktion und im Endprodukt minimiert. Bei konstantem Schmelzefluss (idealerweise durch eine Schmelzpumpe sichergestellt) und gleichmäßiger Strömung durch eine runde Lochplatte, ergibt die Unterwassergranulierung die gleichmäßigste Granulatgrößenverteilung. Die Kugelform von unter Wasser hergestellten Granulaten führt zu einer um 5 bis 10% höheren Schüttdichte im Vergleich zu zylindrischen Granulaten und verringert deren Verstopfungsneigung in nachfolgenden Post-Granulierkomponenten, sowie in Trichtern und Zufuhrkehlen.

Dem Granulator nachgeschaltet sind der Granulatrockner und das temperierte Wassersystem. Nachdem Prozesswasser in der Schneidkammer des Granulators und zum Transport der Granulate zum Trockner verwendet wurde, muss es von Feinteilen gereinigt und auf einen

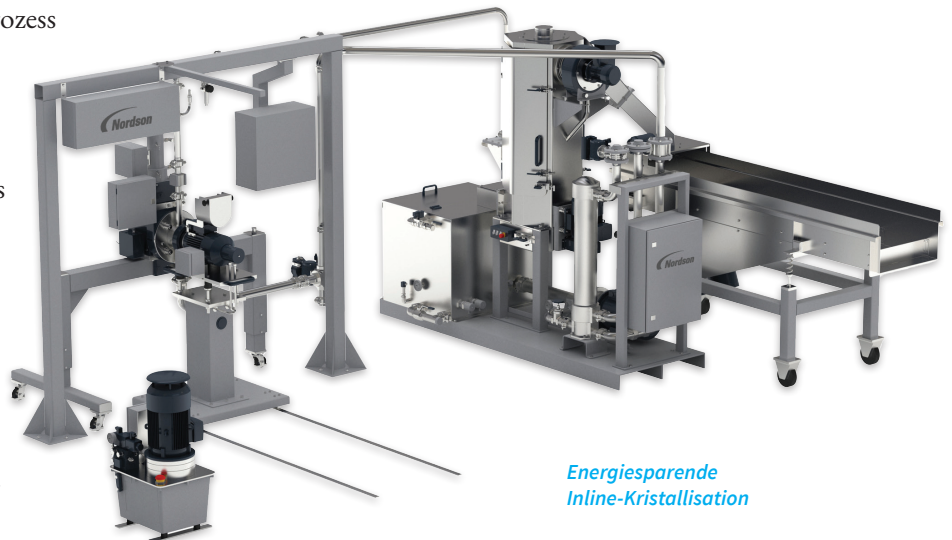
streng einzuhaltenen Temperaturbereich abgekühlt werden, damit es im Granulierzklus wiederverwendet werden kann. Die Komponenten zur Entfernung von Feinteilen in temperierten Wassersystemen reichen von einem Drahtgittersieb, das regelmäßig manuell entfernt und gereinigt werden muss, bis zu Systemen, die Ausfallzeiten und Eingriffe des Bedieners durch kontinuierliche, automatisierte Filtration reduzieren. Noch fortschrittlicher ist ein automatisiertes, selbstreinigendes System, das den Gesamtenergieverbrauch des Granulators um 10 bis 17% reduziert, da kein separates System zur Entfernung von Feinteilen notwendig ist, für das in Standardsystemen eine zweite spezielle Wasserpumpe erforderlich ist.



Granuliersysteme

Energiesparende Inline-Kristallisation

Für den Bottle-to-Bottle-Recyclingprozess wurden Systeme entwickelt, die die Energiekosten senken, indem sie den Granulier- und Kristallisationsschritt in einem einzigen integrierten Prozess kombinieren. Diese Technologie nutzt die Wärmeenergie des geschmolzenen Polymers bei der PET-Granulierung für die anschließende Kristallisation. Hierdurch wird vermieden, dass das PET nach dem Granuliertvorgang abkühlt und dann zur Kristallisation wieder erwärmt werden muss.



Energiesparende
Inline-Kristallisation

Das von Nordson entwickelte und patentierte Inline-Kristallisationssystem CrystallCut[®] funktioniert mit den von UWGs erzeugten kugelförmigen Granulaten und ist ein integriertes Netzwerk aus Granulator, Trockner und Kristallisationseinheit. rPET-Pellets erreichen einen Kristallisationsgrad von bis zu 32% (bei der Herstellung von Virgin Polymer beträgt die Zahl im Vergleich hierzu ca. 40%, abhängig von der Ausgangsqualität des Materials). Anschließend erhöht ein Festkörper-Polykondensationsreaktor (SSP) die intrinsische Viskosität des Polymers und führt einen abschließenden Dekontaminationsschritt durch, in dem Rückstände wie Acetaldehyd entfernt werden. Diese würden sich bei Lebensmittelanwendungen nachteilig auf den Geschmack auswirken.

Die Granulattemperatur im CrystallCut-System wird bei 140 bis 180° C gehalten. Das System eliminiert den Zwischenschritt, Granulate in einem Silo bei maximal 60° C zu halten (um ein Zusammenkleben der Granulate zu vermeiden), sowie einen separaten Vorkristallisationsschritt, bevor die Granulate in den SSP-Reaktor überführt werden. Alternativ ist es durch Einstellen der Prozessparameter möglich, den CrystallCut-Schritt zu umgehen oder amorphes Polymer herzustellen.

Im Vergleich zu einem herkömmlichen Betrieb mit UWG und SSP bietet das CrystallCut-System bei einem Durchsatz von 2,5 Tonnen pro Stunde Wärmeenergieeinsparungen von 30 bis 50 kWh pro Tonne, elektrische Energieeinsparungen von 10 kWh pro Tonne und eine

Reduzierung des Kühlwassers um bis zu 40%. Da die Energiekosten weltweit von Region zu Region unterschiedlich sind, müssen die Anlagenbetreiber ihre Kosteneinsparungen individuell berechnen. Wenn die lokalen Preisstrukturen vorliegen, kann Nordson hier unterstützend tätig werden.

Das System kann verwendet werden, um rPET mit nahezu Virgin-Eigenschaften zu produzieren. Da die Prozesswärme im Kern der Granulate zurückgehalten wird, erfolgt die Kristallisation gleichmäßig vom Kern zur Außenfläche. Durch Prozessoptimierung ist es möglich, diese Kristallinität bei kleinen Granulatgrößen zu erreichen, wodurch das rPET beim Mischen besser mit virgin PET kompatibel wird. Gleichzeitig erhöht die höhere Schüttdichte des rPET die SSP-Kapazität und senkt die Kosten für Transport und Verpackung.

Komplette Polymerverarbeitungssysteme

Polymerverarbeitungskomponenten für PET-Recycling - von Schmelzepumpen bis hin zu Inline-Kristallisationssystemen - sind einzeln erhältlich. Der Bezug von einem einzigen Unternehmen bietet jedoch Vorteile. Abgesehen von der offensichtlichen Reduzierung der Schnittstellenanzahl während der Engineering- und Einkaufsphase ermöglicht Single-Sourcing dem Lieferanten, das System so zu entwerfen, dass die Effizienz, mit der die verschiedenen Gerätekomponenten interagieren, maximiert wird. Beispielsweise beeinflussen die Druckanforderungen des Schmelzefilters und des Granulators die Auswahl der Schmelzepumpe. Ein weiterer wichtiger Vorteil der Zusammenarbeit mit einem einzigen Lieferanten ist die Verwendung einer einzigen Steuerungs- oder Softwarelösung zur Integration des gesamten Post-Extrusionssystems. Mit UWGs kann der Bediener über eine einzige Schnittstelle des Granuliersystems auf den Extruder, die Zufuhrausrüstung, den Schmelzefilter und die Schmelzpumpe zugreifen.

Um dem erwarteten Anstieg der Nachfrage nach rPET gerecht zu werden, muss die Recyclingindustrie die Kapazitäten massiv erhöhen. Neben der umfangreichen Ausrüstung, die für die Herstellung hochwertiger Flakes aus PET-Post-Consumer-Flaschen benötigt wird, müssen Recyclingunternehmen in Extrusions- und Post-Extrusionssysteme investieren, die rPET mit Eigenschaften produzieren, die denen von Neuware so nahe wie möglich kommen. Um Unternehmen zu helfen, den schnell wachsenden Markt für rPET zu beliefern, werden Post-Extrusionssysteme der neuen Generation der Schlüssel zur Steigerung der Produktivität und Rentabilität sein.

Nordson BKG GmbH
Hessenweg 3-5
48157 Münster / Deutschland
Telefon +48.251.26501.0

USA
Telefon +1.828.326.9888

China
Telefon +86.21.5785.091.8

Japan
Telefon +81.3.5762.2770

