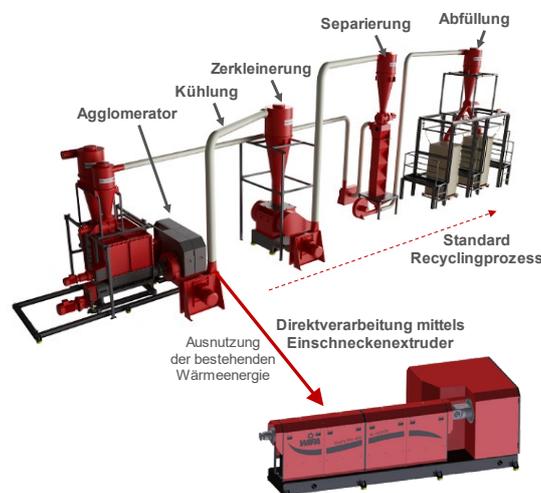




Felix Flachmann, M.Sc.

Entwicklung mathematischer Modelle für eine Sonderschnecke zur Direktverarbeitung recycelter Kunststoffagglomerate

Das Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung einer Anlage zur direkten Verarbeitung von rezyklierten Kunststoffflakes. Durch den Einsatz dieser Technologie soll neben der Erhöhung der Recyclingquote die Qualität des rezyklierten Endproduktes gesteigert werden, um letztlich Produkte mit hohen Qualitätsanforderungen wie z. B. Kunststofffolien vollständig aus rezykliertem Material herstellen zu können. Hierbei wird das Rezyklat als Ausgangsstoff in Form von zerkleinerten Kunststoffteilen in einem Agglomerationsprozess zunächst zu fingergroßen Agglomeraten geformt. Dieser Prozess gliedert sich in folgende Arbeitsschritte: In einem Agglomerator verdichtet eine Zuführschnecke das Rezyklat und fördert es zwischen das Scheibenpaar des Agglomerators. Letzteres setzt sich aus einer Rotorscheibe, welche eine Rotationsbewegung ausführt und einer Statorscheibe, welche als Gegenelement dient und nicht rotiert, zusammen. Durch das Kneten und Rollen des Rezyklates zwischen den Scheiben entsteht Friktionswärme, welche das Material plastifiziert, ansintert und verdichtet. Die thermische Auswirkung auf das Material im Agglomerator ist wesentlich geringer als bei Extrudern, da das Material im Agglomerator lediglich wenige Sekunden verweilt. Hierbei wird der Schmelzpunkt des Materials nicht erreicht, da es nur in einen pastösen Zustand gebracht wird. Während dieses Prozesses entstehen im Ergebnis fingergroße Agglomerate, welche im Durchmesser zwischen 1 und 10 mm variieren. Ziel ist es, die Schritte der Kühlung, Zerkleinerung der Agglomerate zu vermeiden und deren Prozesswärme durch eine Direktverarbeitung im Extruder zu nutzen. Die unterstehende Abbildung zeigt schematisch die beabsichtigte technologische Entwicklung des Vorhabens.



Schematische Abbildung der beabsichtigten Entwicklung zur direkten Verarbeitung von Kunststoffagglomeraten

Durch die Direktverarbeitung der erhitzten Agglomerate kann der Prozess energetisch günstiger und in der Prozessdauer kürzer gestaltet werden. Des Weiteren werden die erhitzten Agglomerate direkt zur Verarbeitung lediglich einmal plastifiziert. Um die Agglomerate direkt in einem Einschneckenextruder verarbeiten zu können, ist die Kopplung von Agglomerator und Extruder ebenfalls Bestandteil des Forschungsziels. Aufgrund der hohen Temperaturen des Agglomerates zu Beginn des Extrusionsvorgangs kann die Prozesslänge des Plastifizierungsvorgangs bedeutend kürzer realisiert werden, als es bei „kaltem“ Granulat der Fall ist. Die damit einhergehende kürzere Verweilzeit reduziert die thermische Schädigung, sodass die endgültigen mechanischen Eigenschaften des recycelten Kunststoffes gegenüber den regranulierten Agglomeraten gesteigert und die Energieeffizienz des Verarbeitungsprozesses erhöht wird. Mit erhöhter Qualität des rezyklierten Kunststoffes wird die Produktion von Folien mit hohen Qualitätsanforderungen (z. B. bzgl. der Gasdurchlässigkeit) ermöglicht und somit der Anteil von Produkten aus vollständig rezyklierten Materialien erheblich gesteigert. Aufgrund der Kompensation des Granulierungsschrittes und der energetisch günstigeren Weiterverarbeitung des Agglomerates sind in der Folge hohe Kosteneinsparungen möglich.

Um die aus dem Agglomerator erzeugten Kunststoffrezyklate direkt nach dem Agglomerationsprozess zu einem Produkt verarbeiten zu können, ist die Auslegung des Einschneckenextruders, insbesondere des Einzugs des Extruders, entscheidend. Die Herausforderung liegt in einer kompakten Bauweise des Extruders, welcher neben der Förderung, Plastifizierung und Homogenisierung des Agglomerates auch die Entgasung von Restfeuchte aus dem Material realisieren muss. Die simulationsbasierte Entwicklung einer Schneckenengeometrie zur Plastifizierung von agglomerierten Kunststoffrezyklaten soll mit Hilfe der KTP-eigenen Simulationssoftware REX (rechnergestützte Extruderauslegung) erfolgen und über die Software hinaus mit mathematischen Modellierungen ergänzt werden. Des Weiteren müssen ein Transportsystem vom Agglomerator zum Extruder als auch ein entsprechendes Fördergerät entwickelt werden. Zur Beurteilung des Projekterfolgs wird nach Abschluss des Projekts die Wirtschaftlichkeit und Energieeffizienz des Verfahrens in Abhängigkeit der erzielten Festigkeits- und Permeabilitätswerte dem auf üblichen Wege rezyklierten Granulat gegenübergestellt und bewertet.

Danksagung

Wir danken dem „Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand“ (ZIM) für die finanzielle Förderung der Arbeiten, die aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) erfolgt. Zudem bedanken wir bei unserem Kooperationspartner WIPA Werkzeug- und Maschinenbau GmbH für die gute Zusammenarbeit.