



**Maximilian Frank, M.Sc.**

---

## Regelungstechnik für Mahlguteinsatz mit hohem Recyclinganteil in schnelllaufenden Thermoformextrudern

---

Die weltweite Kunststoffproduktion steigt aufgrund der Vielfältigkeit des Werkstoffs hinsichtlich der Eigenschaften und der Formgebung jährlich weiter an. Hiermit verbunden vergrößern sich jedoch auch die negativen Auswirkungen, wie beispielsweise steigende Anteile von Kunststoffabfällen, von denen jährlich bislang nur weniger als 30 Prozent recycelt werden. Durch politische Maßnahmen, wie dem im August 2019 verhängten Exportstopp von Kunststoffabfällen in asiatische Länder, wird der Drang zur Wiederverwertung bekräftigt. Die Einbringung von Rezyklat ist jedoch im Allgemeinen nicht ohne weitere Prozessanpassungen möglich, da die Eigenschaften des Rezyklats von denen der Neuware abweichen und den Prozess, aufgrund schwankender Schüttdichten und wechselnder Mahlgutanteile, signifikant negativ beeinflussen können.

Der Aspekt des Recyclings spielt im Zuge des Forschungsprojekts für die Entwicklung einer Regelungstechnik für Mahlguteinsatz bei Thermoformextrudern eine tragende Rolle. Neben der Vermeidung von Prozessschwankungen bedingt durch die Rezyklatanteile ist die vollständige Entgasung der Kunststoffschmelze bei Materialien mit flüchtigen Bestandteilen für qualitativ hochwertige Kunststoffprodukte aus dem Extrusionsprozess zwingend notwendig. Zusätzlich zu den Recyclingabfällen des Thermoformstanzgitters wird in den Prozess weiteres recyceltes Material eingespeist. Dieses ist oftmals bereits bedruckt oder mit natürlichen bzw. synthetischen Farbstoffen eingefärbt. Die Farbstoffe gasen bei den hohen Schmelzetemperaturen im Extruder aus, sodass eine wirksame Entgasung bei hohen Recyclinganteilen noch bedeutender wird.

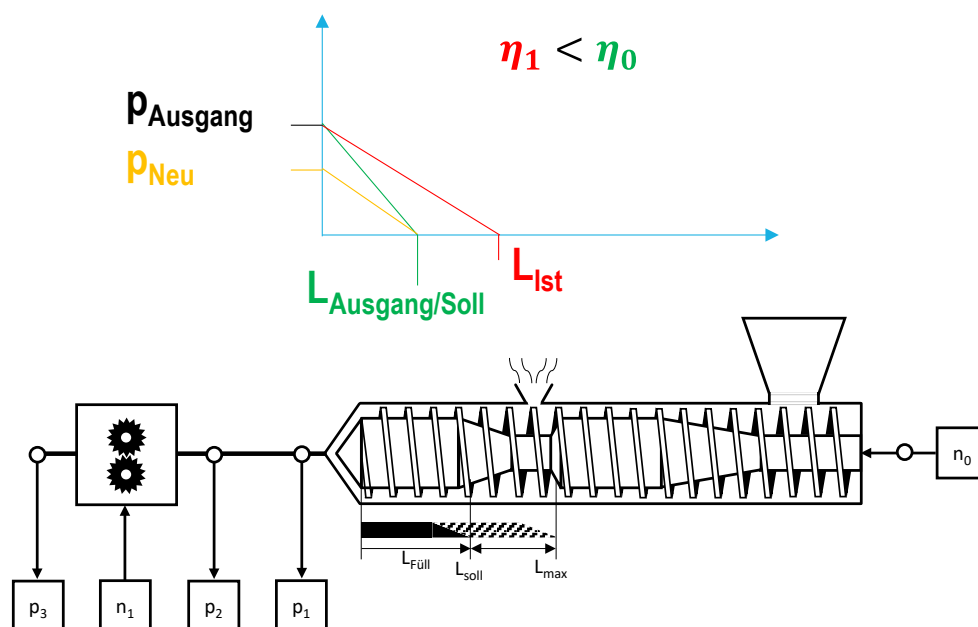


*Einschneckenentgasungsextruder der Firma esde Maschinenteknik GmbH*

Der verwendete High-Speed-Extruder des Kooperationspartners esde Maschinentechnik GmbH, besitzt zahlreiche Vorteile (reduziertes Bauvolumen bei hohen Durchsätzen, geringe Verweilzeiten für schnelle Material- und Farbwechsel sowie einem reduzierten thermisch induzierten Materialabbau, verbesserter spezifischer Energieumsatz und keine Getriebeverluste aufgrund direkt angetriebener Schnecken) gegenüber konventionellen Glattrohretrudern.

Diese Vorteile haben jedoch nur Bestand, wenn auch unter der Randbedingung hoher Recyclinganteile ein gleichmäßiger Schmelzestrom höchster Qualität bereitgestellt werden kann. Aufgrund dessen stehen die vollständige Entgasung der Schmelze sowie die Vermeidung der Brückenbildung im Trichter und die Reduzierung von Prozessschwankungen bedingt durch wechselnde Schmelzeviskositäten und Schüttdichten im Fokus des Kooperationsprojektes.

Insbesondere die schwankenden Schmelzeviskositäten führen zu unterschiedlichen Rückstaulängen im Prozess. Dies ist jedoch unerwünscht, da eine zu kurze Rückstaulänge zu Pulsationen und eine zu lange Rückstaulänge entsprechend zu einem Fluten der Entgasungsöffnung führt. Diese Problematik verdeutlicht auch das Ausgangsszenario in der unten dargestellten Abbildung. Bei Zugabe eines höheren Mahlgutanteils zum in Grün schematisch dargestellten Ausgangsprozess, verändert sich bedingt durch die Viskositätsverringerung die Rückstaulänge bzw. erhöht sich, sodass ein potenzielles Fluten auftreten kann. Die innovative Regelung sorgt entsprechend dafür, dass das Druckniveau angepasst wird und sich die Fülllänge wieder auf der gleichen axialen Position befindet.



*Variable Rückstaulänge unterschiedlicher Gegendrücke an der Schneckenspitze*

Im Mittelpunkt des Forschungsprojekts stand daher die Entwicklung eines Soft-Sensors für die Regelstrecke, der die axiale Position des teil- bzw. vollgefüllten Bereichs in der Entgasungszone des Extruders detektieren kann. Diese axiale Position dient als Eingangsgröße für das neuartige Regelungskonzept. Ziel dieser Regelung ist eine konstante

axiale Position des Beginns bzw. konstante axiale Länge des vollgefüllten Bereichs in der Entgasungszone und damit die Vermeidung von Prozessschwankungen sowie einem potenziellen Fluten der Entgasungszone.

Als weiteres Teilprojekt wurden konstruktive Änderungen an der Einzugszone und der Entgasungszone vorgenommen. Hierdurch konnte eine Verbesserung der Entgasungsleistung, welche wiederum direkt mit der Produktqualität korreliert, erzielt werden, sodass auch Recyclingprodukte hohen Anforderungen entsprechend gerecht werden können. Zudem wurde die Einzugszone entsprechend verbessert, um eine Brückenbildung im Trichter, wie sie bei der Verarbeitung von Mahlgutflakes häufig bedingt durch schwankende, hohe Schüttdichten vorkommt, zu vermeiden und entsprechend die wirtschaftliche Betreibung des Extruders durch Anhebung des spezifischen Durchsatzes sicherzustellen.

### **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 uns bei unserem Kooperationspartner esde Maschinentechnik GmbH für die gute Zusammenarbeit.