



**Christoph Schall, M.Sc.**

---

## Auslegung und Optimierung von Wave-Schnecken

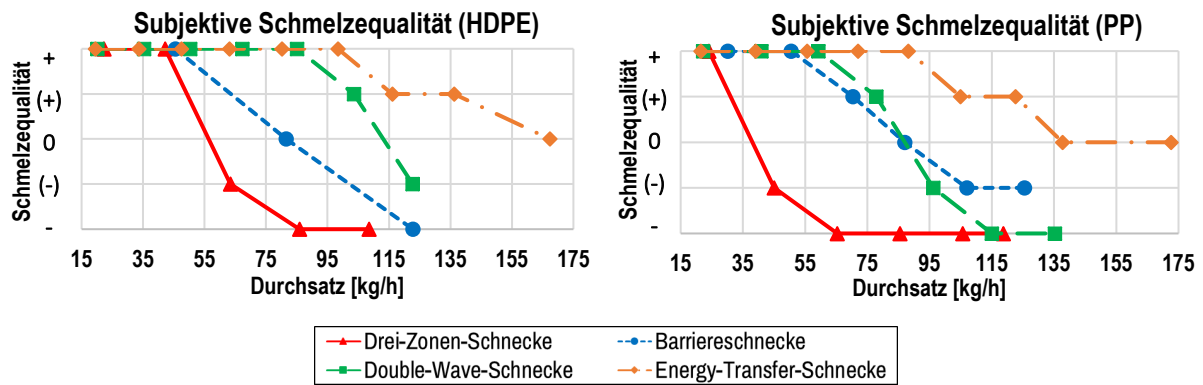
---

Im kunststoffverarbeitenden Gewerbe steht die Optimierung der Wirtschaftlichkeit von Extrusionsanlagen immer mehr im Mittelpunkt. Besonders in der Einschneckenextrusion wird dies durch ein Anheben der Schneckendrehzahl bei gleichbleibender Maschinengröße erreicht, sodass der Durchsatz erhöht wird. Dies ist allerdings nicht unbegrenzt möglich, denn häufig kommt es zu einer unzureichenden Plastifizierung und Homogenisierung des Kunststoffes.

Um eine ausreichend hohe Schmelzequalität bei höheren Drehzahlen zu gewährleisten, werden daher neben den konventionellen Schnecken neuartige Schneckenkonzepte entwickelt, welche allerdings noch nicht vollends erforscht sind. Insbesondere sind hier die „feststoffbettzerbrechenden“ Schnecken zu nennen, welche einen erhöhten Durchsatz bei gleichbleibender Schmelzequalität versprechen. Zu diesen gehören beispielsweise Wave- oder Energy-Transfer-Schnecken. Neben den angesprochenen Eigenschaften sollen sie zudem über ein energiesparendes Betriebsverhalten verfügen, was die Kosten weiter senkt und die Wirtschaftlichkeit somit steigen lässt.

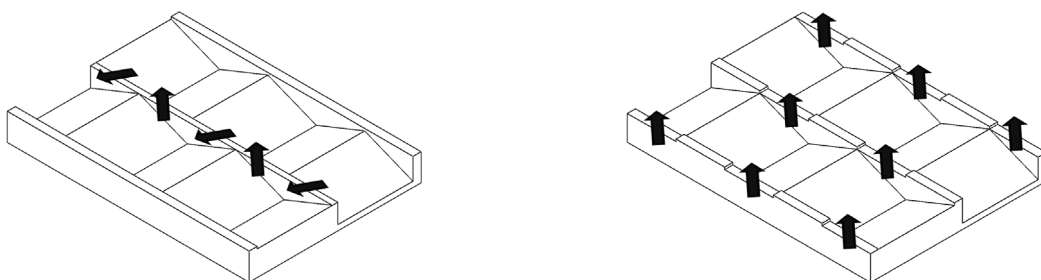
Neben einem wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen stehen zur Kostenreduktion in der heutigen Zeit zunehmend Simulationen von neu ausgelegten Schnecken bzw. Anlagen im Fokus vieler Unternehmen. Durch diese lassen sich verschiedene Veränderungen am Betriebspunkt oder an der Schneckengeometrie und deren Auswirkungen auf den Prozess ergründen, ohne in der Praxis Untersuchungen durchführen zu müssen. Grundlage solcher Simulationssoftware sind mathematische Modelle, die die Verfahrensabläufe korrekt wiedergeben. Für neue Schneckenkonzepte, insbesondere für die behandelten feststoffbettzerbrechenden Schnecken, besteht hier allerdings weiterhin Forschungsbedarf. Erste Modelle sowohl des Aufschmelz- als auch des Druck-Durchsatz-Verhaltens dieser wurden zwar entwickelt, sind allerdings noch weiter zu optimieren. Auch die ablaufenden Homogenisierungsvorgänge in Abhängigkeit der Schneckengeometrie oder prozessrelevanter Einflussgrößen sind bislang nur in einem geringen Maße mathematisch beschreibbar.

Im vorangegangenen Projekt unter dem DFG-Kennzeichen SCHO 551-33-1 haben vor allem Energy-Transfer-Schnecken ein sehr großes Potenzial gegenüber den konventionellen Schneckenkonzepten aufgezeigt, wie es in den folgenden Diagrammen anhand einer Sichtprüfung und subjektiver Beurteilung der Schmelzequalität einer extrudierten Folie zu erkennen ist.



*Erzielte Durchsätze verschiedener Schneckenkonzepte und zugehörige Schmelzequalität*

Sowohl Double-Wave- als auch Energy-Transfer-Schnecken zeichnen sich durch ihre wellenförmig auf- und abnehmenden Kanaltiefe aus. Die Welle kann dabei verschiedene Formen annehmen. Gängig sind sinusförmige, lineare oder sägezahnförmige Profile. Die Double-Wave-Schnecke (DW) ist zweigängig ausgeführt. Durch die zunehmende Gangtiefe in einem Kanal und der gleichzeitig abnehmenden Gangtiefe im jeweils anderen Kanal kommt es zu einer Überströmung der Schmelze über den abgesetzten Nebensteg vom Kanal mit dem Wellenberg in den Kanal mit dem Wellental. Hierdurch wird zum einen eine Dehnströmung induziert, die Feststoffagglomerate zerteilt und ein frühzeitiges disperses Aufschmelzen hervorrufen soll, zum anderen wird die Schmelze durchmischt, was zur Homogenität beiträgt. Der Aufbau einer Energy-Transfer-Schnecke (ET) gleicht dem Aufbau der Double-Wave-Schnecke. Allerdings sind der Haupt- sowie Nebensteg vereinzelt abgesetzt, sodass die Schmelze am jeweiligen Wellenberg über den Steg in den jeweils zurückliegenden Schneckenkanal strömen kann. Die Funktion des Haupt- und Nebensteges alterniert dabei derartig, dass die Schmelze immer wieder gegen die Förderrichtung den Kanal wechselt. Hierdurch ist ein geringerer spezifischer Durchsatz zu erwarten, hingegen ist bei dem spezifischen Energieeintrag sowie der Mischwirkung mit einer Steigerung zu rechnen.

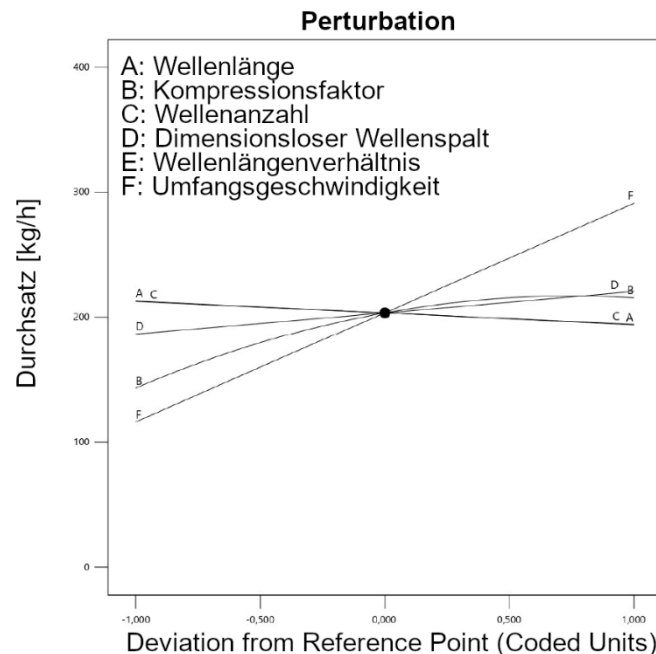


*Kanalgeometrie einer Double-Wave- (links) und einer Energy-Transfer-Schnecke (rechts)*

Da bisher jedoch kaum Erfahrungswerte zum Auslegen von Energy-Transfer-Schnecken vorhanden sind, ist es Ziel dieses Forschungsprojektes, das Prozessverhalten von Energy-Transfer-Schnecken mittels numerischer Simulationen, welche das Aufschmelzen des Kunststoffes berücksichtigen und für den Anwendungsfall optimiert wurden, und experimentellen Versuchsplänen zu untersuchen. Mittels eines simulativen Versuchsplans wird eine Schneckenoptimierung für verschiedene Kunststofftypen durchgeführt und die Schnecken nachfolgend experimentell untersucht, um die Vorgehensweise zur Schneckenauslegung zu validieren. Um eine belastbare Aussage über das

Plastifizierverhalten der Schnecken zu erreichen, wurde im Forschungsprojekt mit einer Kalibrierung des Simulationsmodells begonnen, sodass die Abweichung der Simulationen zu experimentellen Daten minimiert werden konnte.

Die Simulationen wurden nachfolgend ausgewertet, sodass neben dem Massedurchsatz und dem Druckverlauf auch das Aufschmelzverhalten und unter anderem auch die stoffliche und thermische Homogenität bewertet werden konnte.



#### *Abhängigkeit des Durchsatzes in Abhängigkeit der geometrischen Einflussgrößen*

Basierend auf der Auswertung des Versuchsplans wurden drei verschiedene Energy-Transfer Schnecken hergeleitet und gefertigt. Durch die Auswertung des Versuchsplans hat sich bestätigt, dass sich für unterschiedliche Kunststofftypen unterschiedliche Schneckengeometrien ergeben. Inwiefern diese Geometrien nur für diesen einen Kunststofftyp, oder auch für weitere Kunststofftypen einsetzbar sind, wird im Forschungsvorhaben weiterhin experimentell untersucht. Ein Vergleich der sechs vorhandenen Energy-Transfer-Schnecken soll experimentell durchgeführt werden, um das Vorgehen der Auslegung mittels des simulativen Versuchsplans zu validieren und somit nachfolgend Gestaltungsrichtlinien für Energy-Transfer-Schnecken bereitzustellen.

#### **Danksagung**

Dieses Forschungsvorhaben wird von der „Deutschen Forschungsgemeinschaft“ (DFG) unter der Nr. SCHO 551/41-1 gefördert und im Lead Agency Verfahren mit dem „Institut für Polymer Extrusion und Compounding“ (IPEC) an der Johannes-Kepler-Universität Linz bearbeitet. Wir danken der DFG für die Unterstützung.