



**Dorte Meschut, M.Sc.**

---

## Grenzen der Extrusion

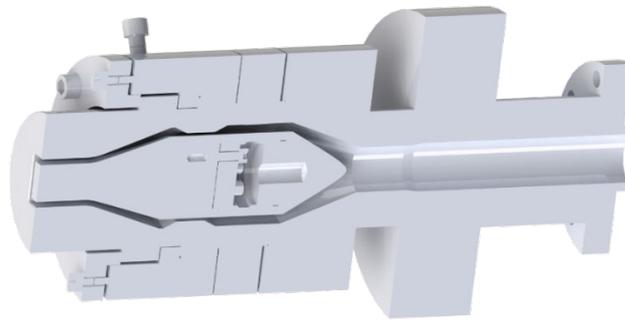
---

Polymere werden in der Kunststoffverarbeitung plastifiziert, um sie zu Endprodukten weiterverarbeiten zu können. Diese Plastifizierung wird häufig auf Schneckenmaschinen, wie auf Extrudern oder Spritzgussmaschinen durchgeführt. Jeder Kunststoff wird auf dem Weg zum Endprodukt mindestens einmal auf einem Einschneckenextruder verarbeitet. So ist die Kosteneffizienz der Verarbeitungsverfahren im Hinblick auf die Gewinnmaximierung ein wichtiger Faktor. Die Effizienz des Extrusionsverfahren ist unter anderem abhängig von den Prozessparametern, wie der Schneckendrehzahl und Zylindertemperaturen, und der maximal möglichen Plastifizier- und Homogenisierungsleistung des Extruders bei noch ausreichender Produktqualität. Die Prozessparameter können händisch vom Maschinenbediener optimiert werden, wohingegen die maximal mögliche Plastifizierungs- und Homogenisierungsleistung des Extruders bereits durch eine nicht optimale Extruderauslegung begrenzt wird. Der Durchsatz des Prozesses und somit die Ausstoßleistung des Extruders kann hierdurch minimiert werden und so zu wirtschaftlichen Verlusten führen.

Die Auslegung des Extruders, insbesondere der Extruderschnecke, spielt für die Kosteneffizienz eine entscheidende Rolle. Die Schneckenauslegung sollte aus Kosten- und Zeitgründen ohne Prototypen auskommen, weshalb dem Schneckenausleger nur Erfahrungswerte und Simulationen als Anhaltspunkte dienen. Bisher können mittels Simulationen noch keine belastbaren Aussagen zur Bauteilqualität getroffen werden. Die Produkt- sowie die Schmelzequalität können nur in experimentellen Untersuchungen bestimmt werden und in Abhängigkeit verschiedener Prozesseigenschaften, wie Wanddicken- und Druckschwankungen sowie dem Aufschmelzgrad, gesehen werden. Diese Abhängigkeiten, die es zu untersuchen gilt, können in einem mathematischen Modell zusammengefasst und anschließend auf Simulationen angewendet werden, um anhand dieser Simulationen auf die zu erwartende Produktqualität schließen zu können.

Ziel dieses Forschungsantrages ist die Herleitung von Korrelationen zwischen den Prozessparametern, der Schmelzequalität und damit der Produktqualität. Die zu verwendenden Korrelationen müssen zunächst untersucht und bewertet werden, um die Eignung zur Vorhersage in einem Simulationsmodell sicherzustellen. Sobald die geeigneten Korrelationen bestimmt wurden, sollen diese verwendet werden, um mittels der Prozessparameter die Schmelzequalität vorhersagen zu können. Ebenfalls soll es simulativ möglich sein, die Qualitätsgrenze zu bestimmen, bei welcher die maximal zulässige Schneckendrehzahl und somit der maximal mögliche Massedurchsatz vorliegt und gleichzeitig

die Anforderungen an das zu extrudierende Produkt noch erfüllt werden. Dieses Qualitätskriterium soll bereits für den Schneckenausleger berechenbar und nutzbar sein. Auf diese Weise kann eine zielgerichtete Schneckenauslegung zu einem verbesserten Prozessverhalten und somit zu einem höheren Durchsatz bei gleichbleibender Schmelzequalität führen. Für die experimentellen Untersuchungen soll eine in der Kunststofftechnik Paderborn (KTP) vorhandene Rohrextrusionsanlage verwendet werden. Der Schneckendurchmesser beträgt hierbei 45 mm. Die Extrusion von Rohren stellt einen guten Kompromiss dar, da diese unter der Berücksichtigung der Anlagenkomplexität ausreichend viele Qualitätsmerkmale, wie beispielhaft eine gleichmäßige Dickenverteilung des extrudierten Rohres und eine enge Toleranz der Maßgenauigkeit für Innen- und Außenradius, besitzen. Ebenfalls können diverse weitere Messungen, wie zum Beispiel die Messung von mechanischen Kennwerten, am bereits extrudierten Rohr durchgeführt werden.



Rohrwerkzeug in Schnittdarstellung

Ein hochqualitatives Rohr erreicht man nur mit einer guten Schmelzequalität. Schmilzt der Kunststoff zu spät im Extruder auf, so liegen am Extruderauslass hohe Druckschwankungen und eine inhomogene Temperaturverteilung vor, woraus eine schlechte Extrudatqualität folgt. Durch die Druckschwankungen kann es zu Dickenschwankungen im Extrudat kommen und durch die inhomogene Temperaturverteilung zu einem Verzug und somit einer schlechten Maßgenauigkeit des Rohres.

Je früher der Kunststoff aufschmilzt, desto höher ist die Schmelzequalität, welche der Extruder liefert, sofern es im Kunststoff nicht durch zu hohe Temperaturen zu einem Molekülkettenabbau kommt. Wo jedoch die Grenze zwischen schlechter und guter Schmelzequalität, und somit der Produktqualität, liegt, ist unklar und von mehreren Parametern wie der Extruderschnecke, dem Material und den Prozessparametern abhängig. Diese Korrelation soll experimentell untersucht werden, um die Zusammenhänge der verschiedenen Einfluss- und Zielgrößen zu erkennen und daraus ein analytisches Vorhersagemodell erstellen zu können. Dieses Vorhersagemodell kann nachfolgend basierend auf analytischen Schneckensimulationen, zum Beispiel mit Hilfe des Programmes REX, verwendet werden, um eine quantitativ belastbare Aussage über die zu erwartende Schmelzequalität für den Schneckenausleger zu ermöglichen.

### **Danksagung**

Die gezeigten Ergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsprojekts SCHO 551/42-1 erarbeitet, welches durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert wird. Ein großer Dank gilt daher der DFG für Ihre Unterstützung.