

Fluitec Druckvorlage Nr. 11.143 Rev. 1

## Verbessertes Verweilzeitverhalten in Rohrleitungen bei der Herstellung von Chemiefasern

Eine homogene Schmelze vor den Spinndüsen ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Herstellung von qualitativ hochstehenden Chemiefasern. Der neuartige, energetisch effiziente Polypeeler® wird abschnittsweise als Strömungsinverter in lange Rohrleitungen eingebaut. Kurz vor dem Spinnbalken homogenisieren die leistungsfähigen, seit Jahren bewährten CSE-X mikro-makro® Mischer die Polymerschmelze. Mit diesem Konzept können qualitativ hochstehende Fasern hergestellt werden. Eine besondere Eigenschaft sind die geringen Druckverluste, die auch einen Einsatz mit hohen Viskositäten ( $IV > 0.8$ ) erlauben.

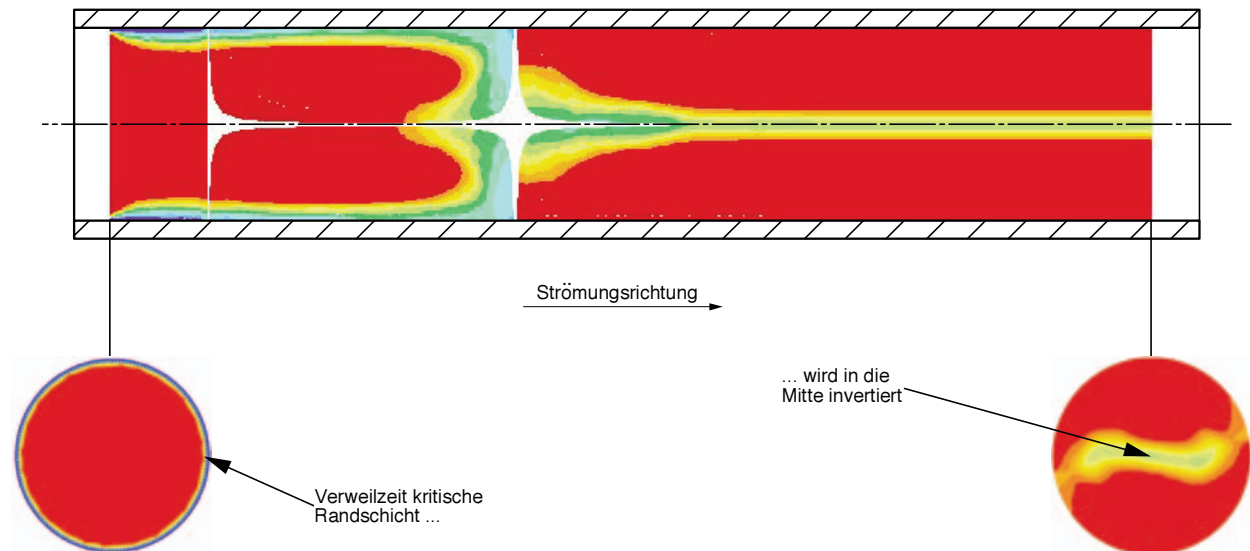


Abb. 1 CFD-Berechnung eines Fluitec Polypeeler® zur Invertierung der Randschicht an der Rohrwand

### Einleitung

Während der Aufbereitung oder Verarbeitung neigen einige Polymere dazu, monomere Bestandteile zurückzubilden. Dieses Verhalten nennt man auch Depolymerisation. Der Grad des Abbaus wird von der Schmelztemperatur, dem bereits vorhandenem Monomeranteil und der Verweilzeit bestimmt.

Bei der Herstellung von Chemiefasern führen Abbaureaktionen zu Qualitätsproblemen. Dies führt zu vermehrten Fadenbrüchen oder ungleichmässiger Farbverteilung bei der Spinnfärbung. Es ist somit wichtig, dass bei der Verarbeitung von kritischen Kunststoffen wie PET, PA 6 und PA66 der Temperatur- und der Verweilzeitverteilung grosse Aufmerksamkeit geschenkt wird. Eine homogene Schmelze vor den Spinndüsen ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Herstellung von qualitativ hochstehenden Chemiefasern. Zum

radialen Ausgleichen der Polymerschichten mit unterschiedlicher Verweilzeit, Temperatur und infolgedessen auch unterschiedlicher Viskosität, werden seit Jahren statische Mischer eingebaut. Aufgrund der langen Rohrleitungen und der hohen Druckverluste in den statischen Mixern muss jedoch ein neues Rohrleitungs- und Homogenisierungskonzept verfolgt werden.

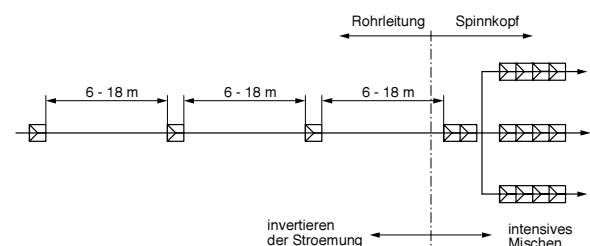


Abb. 2 Zuerst invertieren und dann mischen

### Lange Rohrleitungen führen zu Problemen

Da die geplanten Polymerisationsanlagen in den letzten Jahren immer grösser wurden, sind somit Einsätze von langen Leerrohren unverzichtbar. Betrachtet man die laminare Strömung im Leerrohr, so stellt man fest, dass in der Rohrmitte die Strömungsgeschwindigkeit sehr hoch und an der Rohrwand sehr gering ist. Die daraus resultierenden Strömungsprofile sind abhängig von den Fliesseigenschaften des Polymers.

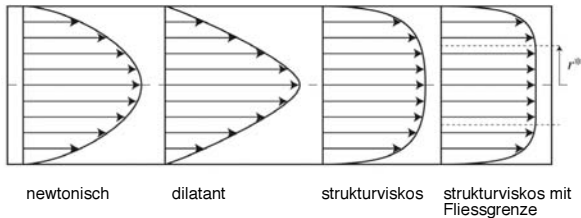


Abb. 3 Strömungsprofile für Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Fliesseigenschaften

Da Faserpolymere sich annähernd newtonisch oder leicht strukturviskos verhalten, wird in Abbildung 3 deutlich, dass die Geschwindigkeit an der Rohrwand sehr gering ist.

In einem Produktwechsel (schwarz - weiss) entspricht  $H(\theta)$  der Konzentration, die das Leerrohr verlassen hat.  $\theta = t/\tau$  entspricht dem Verhältnis aus der gemessenen Verweilzeit und der mittleren, theoretischen Verweilzeit. Die Versuche in einem Leerrohr DN25 zeigten folgendes Verhalten:

- $\theta = 0.5$  Der schnellste Stromfaden (weiss) im Leerrohr benötigt nur die Hälfte der mittleren Verweilzeit.
- $\theta = 1$  75% des Volumens (schwarz) ist bereits durch das Leerrohr geflossen. Die sich an der Rohrwand  $\phi_i = 27.3$  mm befindende restliche Schichtdicke betrug ca. 1.8 mm.
- $\theta = 2$  5% des Volumens haben eine 4-fach längere Verweilzeit als der schnellste Stromfaden (weiss). Die sich an der Rohrwand  $\phi_i = 27.3$  mm befindende restliche Schichtdicke betrug ca. 0.3 mm.
- $\theta = 5$  1% des Volumens (schwarz) hat eine 10-fach längere Verweilzeit als der schnellste Stromfaden (weiss). Die sich an der Rohrwand  $\phi_i = 27.3$  mm befindende restliche Schichtdicke betrug ca. 0.15 mm.

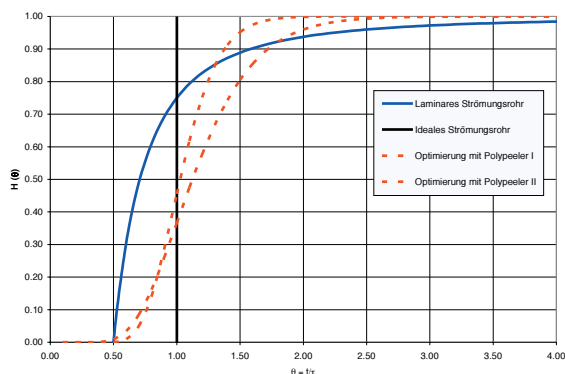


Abb. 4 Verweilzeitverhalten mit Polypeeler®

Setzt man in einer Polymerleitung nun mit definiertem Abstand die neuartigen Polypeeler ein, die gezielt die Flüssigkeit von der Rohrwand in die Mitte führen, so gelingt es, die langsam strömende Flüssigkeit der schnell strömenden zuzuführen und somit die Verweilzeitunterschiede auszugleichen. Man spricht hier von einer gezielten Invertierung der Flüssigkeitsströmung, um ein engeres Verweilzeitspektrum zu erzielen.

Abb. 4 zeigt deutlich wie sich das Verweilzeitverhalten mit Polypeeler verbessert. Mittels CFD Strömungssimulationen können auf Kundenwunsch definierte Rohrleitungsabschnitte optimiert werden.

Für die Optimierung wird häufig die Bodensteinzahl  $Bo$  verwendet. Sie ist das Mass für die Breite der Verweilzeitverteilung nach dem Dispersionsmodell. Entsprechend ausgelegt, können mit CSE-XR Mischer-Wärmetauscher, Polypeeler und CSE-X Mischer Bodensteinzahlen von 20 bis 100 erreicht werden, was einem engen Verweilzeitspektrum entspricht.

Eine moderne Faser-Spinnanlage wird heute wie folgt dargestellt.

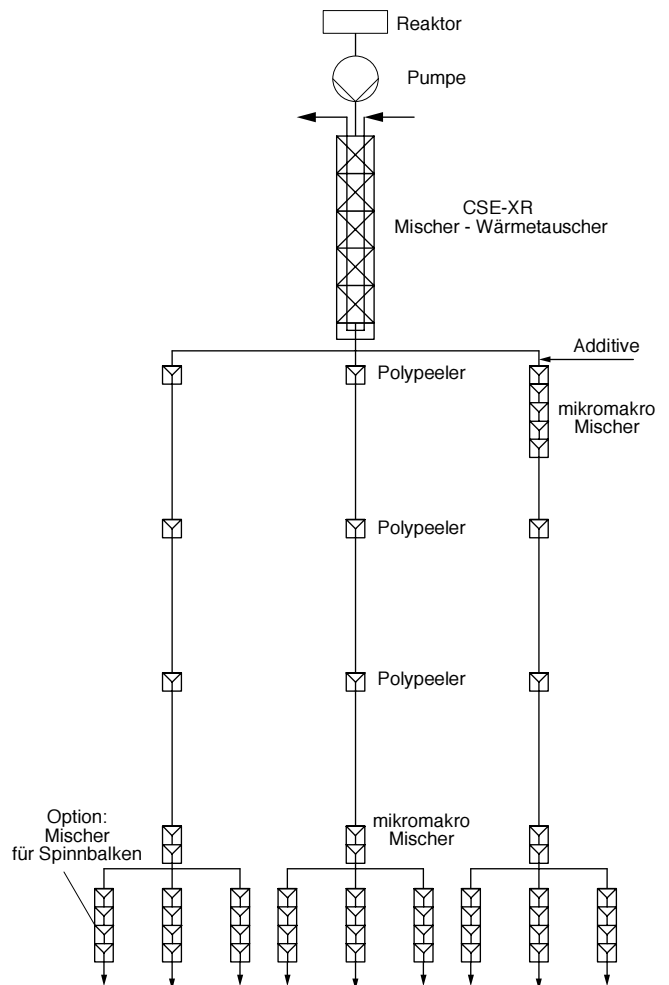


Abb. 5 Faser-Spinnanlage nach Fluitec Konzept