

Rund um die Plastifizierschnecke

Teil 2 der Serie

In der vorangegangenen Ausgabe von „innovations“ wurden an dieser Stelle die grundlegende Auslegung einer Plastifiziereinheit und die korrekte Wahl des Spritzaggregats diskutiert. Es wurde erörtert, wie anhand des Schussvolumens der erforderliche Schneckendurchmesser bestimmt werden kann. Durch Anwendung der Formel für die mittlere Verweilzeit sind die Auslastung und die thermische Materialbelastung abschätzbar, wobei letztere für eine hohe Endproduktqualität niedrig zu halten ist. Auch der maximale Spritzdruck und das verfügbare Schneckendrehmoment stellen Schlüsselgrößen für eine erfolgreiche Spritzgießfertigung dar. Diese Überlegungen bilden die Grundlage für die Wahl der Schneckenzyylinder-Kombination und auch den Ausgangspunkt für weitere Optimierungen. Im 2. Teil unserer Artikelserie werden nun die grundlegenden Methoden zur simulativen Beurteilung der Geometrie einer Schnecke vorgestellt – dies am Beispiel einer 3-Zonen-Schnecke.

Filipp Pühringer

Zur Entwicklung einer Schneckengeometrie

Zunächst stellt sich die Frage, welche Ziele bei der Entwicklung einer Schneckengeometrie verfolgt werden sollen. Oftmals lässt sich das Ziel klar definieren, wie etwa die Erhöhung der Förderleistung, die Reduktion der Schmelztemperatur, die Verbesserung der Mischqualität, usw. Komplexer werden die Anforderungen, wenn die gewünschten Ergebnisse nur indirekt mit der Schnecken-geometrie verknüpft oder auf mehrere Ursachen gleichzeitig zurückzuführen sind, beispielsweise im Falle einer Reduktion von Belagsbildung oder einer angestrebten Verbesserung von Verschleißverhalten und Förderstabilität. Derart vielfältige Anforderungen an die Schneckenaggregate stehen oftmals im Widerspruch zueinander. Durch sorgfältiges Ausbalancieren bei der Auslegung können solche Zielkonflikte vermieden werden.

Es hat sich als gängige Praxis etabliert, eine Optimierung der Schneckengeometrie im Zuge von Simulationen vorzunehmen, bevor die ersten Tests mit Versuchsschnecken durchgeführt werden. Mit PSI/REX steht WITTMANN BATTENFELD eine Spezialsoftware zur Berechnung von Schnecken zur Verfügung, die sich auf dem neuesten Stand befindet und durch die einschlägige Forschungstätigkeit der Universität Paderborn laufende Verbesserungen erfährt.

Im Zuge der Berechnung der Schneckengeometrie am Computerarbeitsplatz kann die Geometrie äußerst flexibel variiert und die dadurch verursachte Veränderung im Gesamtbild dargestellt werden. Durch systematisches Abarbeiten einer zuvor definierten Versuchsreihe können



sich abzeichnende Tendenzen analysiert werden. Schließlich werden die Ergebnisse sämtlicher Berechnungen zusammengeführt und verglichen. Aus der Summe der Informationen wird die entsprechende Schnecken-geometrie entworfen und weiter bis in die Feinheiten hinein optimiert – bis sich das gewünschte Ergebnis zeigt.

In der Folge werden Versuchsschnecken gefertigt, die in praktischen Tests zum Einsatz kommen. Je nach Komplexität der Aufgabenstellung werden auch mehrere unterschiedliche Versuchsschnecken eingesetzt, wobei voneinander abweichende Ansätze verfolgt werden können. Erweisen sich diese Tests als er-

folgreich, ist der Optimierungsprozess abgeschlossen. Sollte noch Verbesserungspotenzial gegeben sein, wird die Entwicklungsschleife erneut durchlaufen.

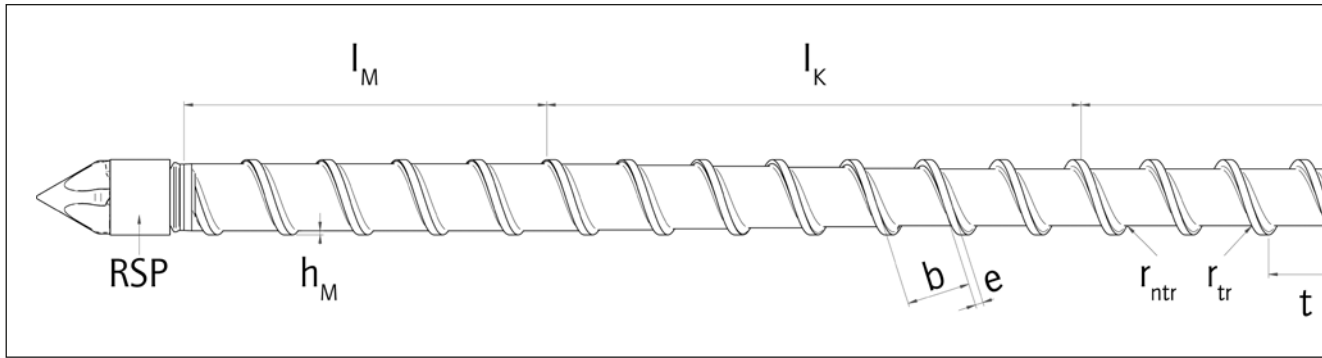
Schneckengeometrie-Parameter

Hier sollen nun die Parameter einer Standard-3-Zonen-Geometrie diskutiert und beispielhaft deren Einfluss auf den Verarbeitungsprozess dargestellt werden. Um eine solche Geometrie aus verfahrenstechnischer Sicht in vollem Umfang beschreiben zu können, ist die Kenntnis folgender Parameter vonnöten (vgl. Abb. auf der nächsten Seite):

- D_{SC} = Schneckenaußendurchmesser
- L/D bzw. Schneckenlänge
- l_E = Länge Einzugszone
- l_K = Länge Kompressionszone
- l_M = Länge Meteringzone

>>

3-Zonen-Schnecke mit Gangzahl $i = 1$.



- h_E = Gangtiefe Einzugszone
- h_M = Gangtiefe Meteringzone
- b = Gangbreite
- i = Gangzahl
- t = Gangsteigung
- e = Stegbreite
- Flankenwinkel, treibend
- Flankenwinkel, passiv
- r_{tr} = Radius treibender Flankengrund
- r_{ntr} = Radius passiver Flankengrund

Es ist schon alleine an der Zahl der Geometrieparameter für eine verhältnismäßig simple Standard-3-Zonen-Schnecke ersichtlich, dass selbst für eine solche Schnecke prinzipiell eine Vielzahl von Varianten existiert.

Im Falle anspruchsvoller Geometrien, wie sie bei Barrierschnecken oder Scherteil-/Mischteil- bzw. Scher-Mischteil-Plastifizierschnecken vorkommen, beläuft sich die Zahl der Geometrieparameter auf ein Vielfaches.

Beispielrechnungen

Grundsätzlich ausgehend von den in der einschlägigen Fachliteratur vorhandenen Empfehlungen, wird hier im Folgenden die Optimierung der Geometrie für eine 50-mm-Schnecke beispielhaft durchgeführt.

Angenommen wird für die Schnecke eine Länge der Einzugszone von 50 % der gesamten Schneckenlänge, die Längen von Kompressionszone und Meteringzone sollen jeweils 25 % der Gesamtlänge betragen. Die Einzugszonentiefe legen wir mit 0,1 D fest, also 5 mm. Das Gangtiefenverhältnis zwischen Einzugszone und Meteringzone soll 2 betragen. Das L/D-Verhältnis wird mit einem Wert von 22 angenommen.

Für eine derart definierte Schnecke lässt sich eine Vielzahl von Berechnungen durchführen. Die vorliegenden Erörterungen fokussieren auf den Massedurchsatz, den Druckverlauf bzw. das Druckaufbauvermögen und den Aufschmelzverlauf.

Weitere Annahmen betreffen den Dosierhub (85 mm) und die Zykluszeit (35 s). Der Staudruck wird mit 80 bar festgelegt. Um von moderaten und realistischen Dosierbedingungen auszugehen, wird eine Schneckenumfangsgeschwindigkeit von 300 mm/s angenommen. Das Zylinder temperaturprofil folgt für alle Berechnungen dem auf der folgenden Seite abgebildeten Schneckenschema.

Die Berechnung der Profile (Druckverlauf, Aufschmelzverlauf) wird für die Schneckenposition 50 mm durchgeführt.

Durchsatzverhalten

Bei den zuvor gewählten Zyklusparametern wird für die vorliegende Geometrie die mittlere Dosierleistung mit etwa 12,49 g/s errechnet. Der Gesamtausstoß liegt bei 44,92 kg/h. Das heißt, dass die Maschine in der Dosierphase mit 12,49 g/s fördert und somit etwa 12,7 s benötigt um 158 g Material zu plastifizieren. Bei einer Restkühlzeit von mehr als 12,7 s kann die Maschine rechtzeitig aufdosieren. Dauert die Plastifizierung länger als die Restkühlzeit, beeinflusst die Dosierzeit Gesamtzykluszeit und schmälert die Produktivität.

Der Gesamtausstoß betrachtet den Materialverbrauch im Verlauf der Produktion. Da die Schnecke während des größten Teils der Zykluszeit nicht dosiert, ist dieser Ausstoß niedriger, als die mittlere Dosierleistung vermuten lässt. Zur maßgeblichen Größe wird der Gesamtausstoß bei der Auslegung der Peripherie (Trockner, Fördergeräte, usw.)

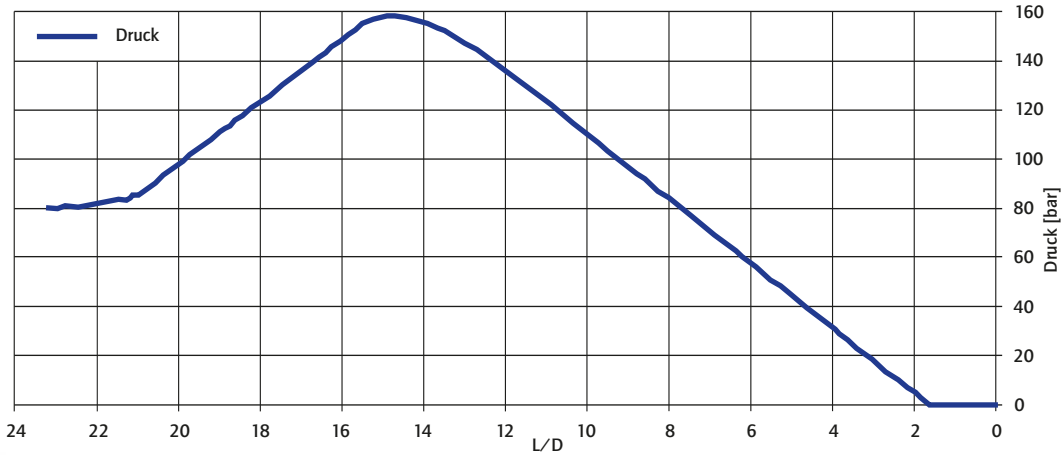
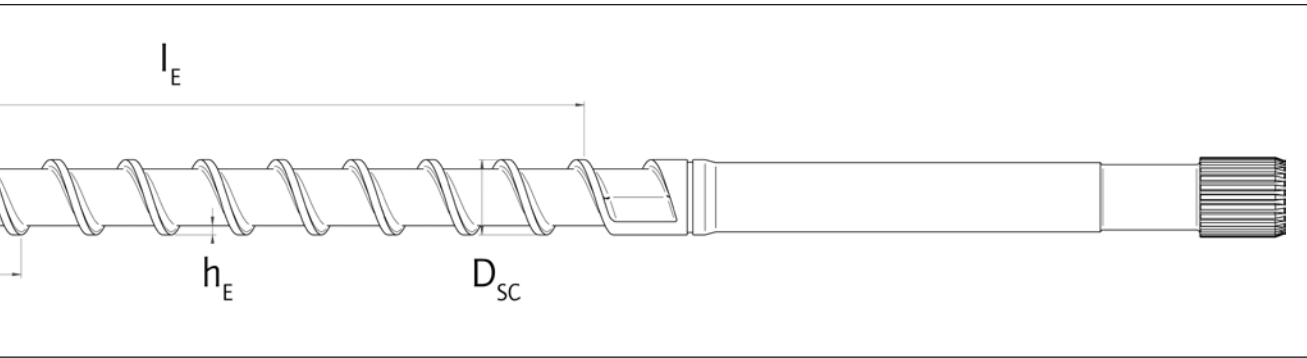
Druckaufbauvermögen

Während der Dosierphase steigt der Druck im Schneckengang von der Einfüllöffnung bis zum Staudruck in der Vorkammer an. Je nach Schneckengeometrie können dazwischen ein oder mehrere Druckmaxima liegen. Die nebenstehende Grafik zum Druckverlauf stellt den Druckverlauf über die Schneckenlänge dar. Im konkreten Fall beginnt die Druckkurve bei etwa L/D 2 zu steigen, um bei etwa L/D 14,25 das Druckmaximum von rund 160 bar zu durchlaufen. In der letzten Zone, der Meteringzone, fällt der Druck bis hin zur Rückstromsperre kontinuierlich ab.

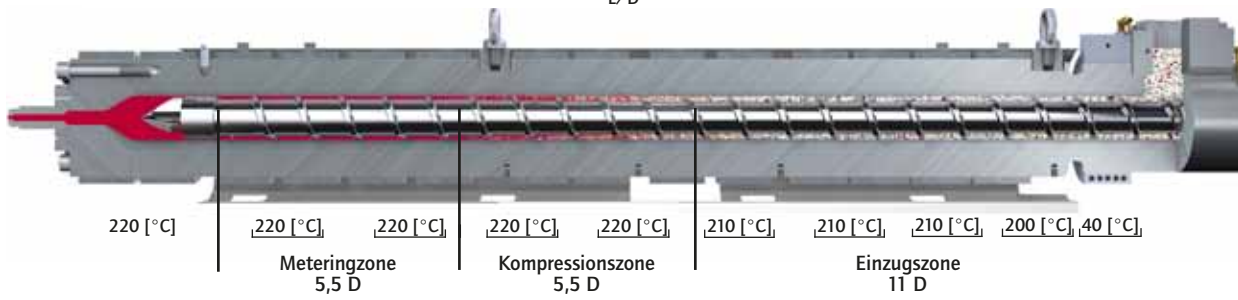
Aufschmelzverlauf (ASV)

Der Aufschmelzverlauf (s. entsprechende Grafik rechts) wird über zwei Kurven visualisiert: Die Feststoffbettbreite (rot) wird für den jeweiligen Schneckenkanalabschnitt und der Schmelzeanteil (blau) während des Dosiervorgangs dargestellt. Zusätzlich sind hier jeweils noch die Verläufe dieser beiden Parameter zum Zyklusende dargestellt (grün, orange). Es ist aus den Ergebnissen ablesbar, dass dieser Aufschmelzverlauf ein gutes Aufschmelzen des Werkstoffs verspricht, denn bereits bei etwa L/D 8 liegen 100 % Schmelze vor (Schmelzeanteil ASV = 1). Anders ausgedrückt, hat sich die Feststoffbettbreite auf den Wert 0 reduziert. ♦

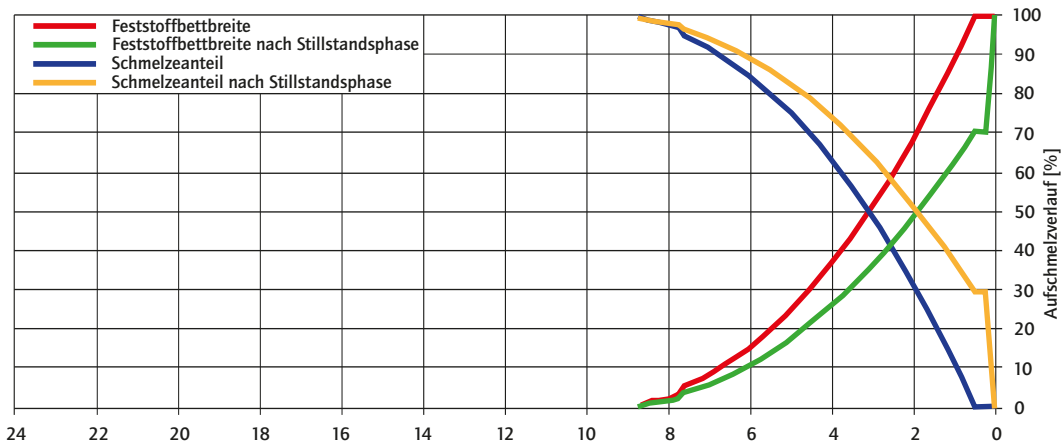
In der kommenden Ausgabe von „innovations“, im 3. Teil dieser Artikelserie, werden die Berechnungsergebnisse beurteilt und erste Schritte in Richtung einer Optimierung der Geometrie skizziert.



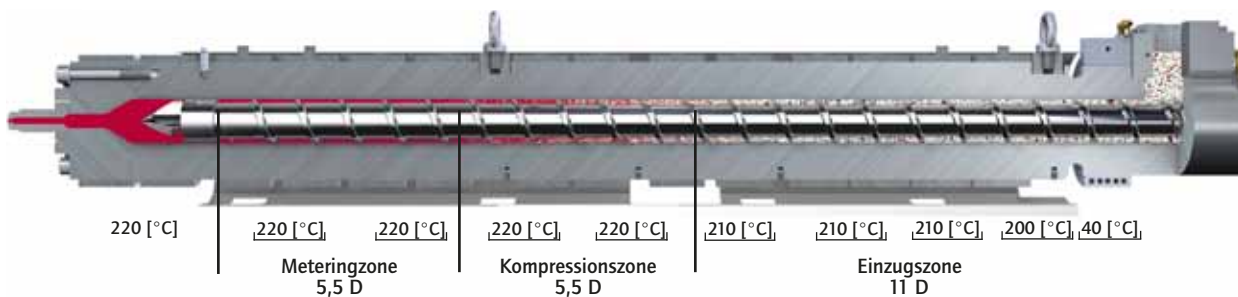
Druckverlauf entlang der Schnecke bei Hubposition 50 mm.



Grundlage der Berechnungen stellen die Zylinderzonen-Temperaturen dar.



Aufschmelzverlauf für die Schnecke bei Hubposition 50 mm gegen Zyklusende.



Filipp Pühringer leitet die Abteilung Verfahrenstechnische Entwicklung bei WITTMANN BATTENFELD in Kottlingbrunn, Niederösterreich.