Wendel- oder Spiralverteiler?

Dr.-Ing. Peter Fischer,
ETA Kunststofftechnologie

Bei Extrusionswerkzeugen für Rohre, Schläuche, Blasfolien und geblasene Hohlkörper hat sich in den letzten Jahren die Schmelzeverteilung mit so genannten Wendelverteilern immer weiter durchgesetzt. Besonders für Mehrschichtprodukte bietet dieses Bauprinzip überragende Vorteile und stellt in vielen Fällen die einzig mögliche Lösung dar. Werkzeuge mit bis zu neun konzentrischen Wendelverteilern wurden realisiert.

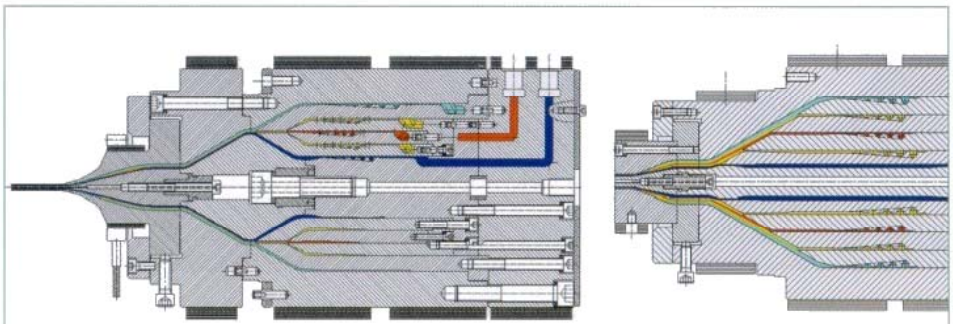


Bild 1: Fünfschichtwerkzeug mit konzentrischen Wendelverteilern

Neben den Wendelverteilern in zylindrischer oder konischer Form wurden für Blasfolien schon Anfang der neunziger Jahre Werkzeugsysteme eingeführt, bei denen die Schmelzeverteilung – ganz oder nach einer Vorverteilung – in einer Ebene stattfindet, so genannte Spiralverteiler oder Radialwendelverteiler. Das Prinzip wurde auch in Rohrwerkzeuge übertragen und findet zunehmend Anwendung für Rohre und Schläuche mit kleinen Abmessungen. Da außer Spiralen auch andere Schmelzekanäle in der Verteilebene liegen können, wird hier der Begriff Circularverteilung (CV) verwendet.

Wendelverteilertechnik

Für mehrlagige Kleinrohre ist die Wendelverteilertechnik weit verbreitet. Zu dieser Produktgruppe zählen Schläuche und medienführende Leitungen für Automobile, Medizintechnik, Hydraulik und Pneumatik sowie Heizungsbau und allgemeine Installationstechnik.

Das im **Bild 1** dargestellte Werkzeug zeigt beispielhaft Systeme für die Extrusion von 3-, 4- oder 5-lagigen Automobilrohren auf Basis Polyamid mit verschiedenen Funktionsschichten, z.B. mit Barrierematerial und Haftvermittlern oder mit elektrisch leitfähiger Innenschicht. Abhängig vom rheologischen Verhalten der Schmelzen werden verschiedene Ausführungen für die Zusammenführung der Einzelschichten gewählt: symmetrisch, wie links im Bild gezeigt, oder sequentiell, d.h. eine Schicht nach der anderen.

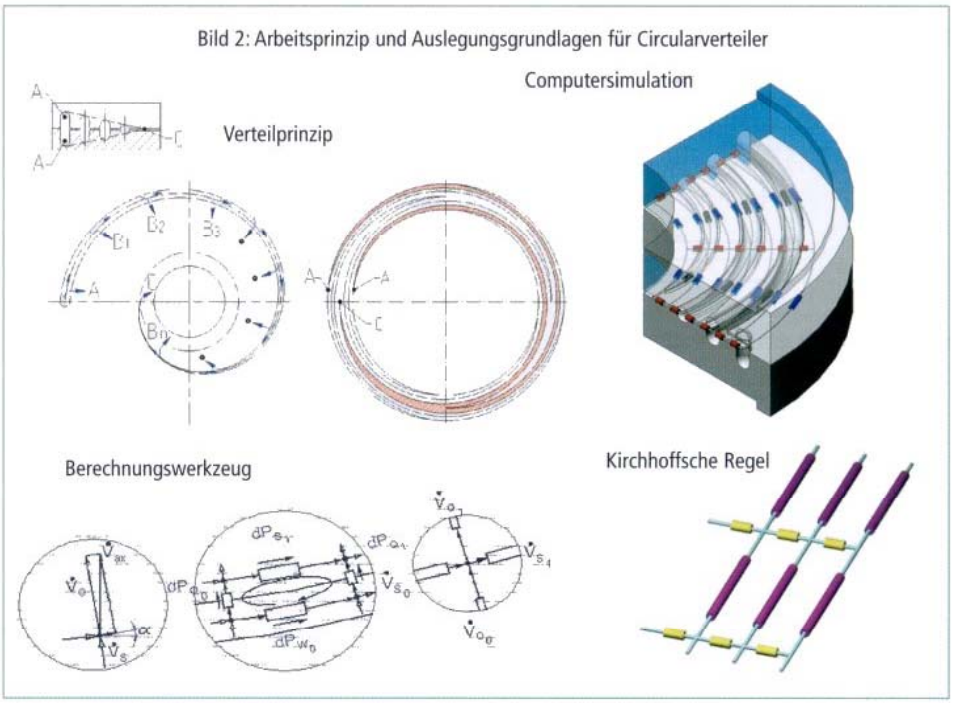


Bild 2: Arbeitsprinzip und Auslegungsgrundlagen für Circularverteiler

Auslegung und Konstruktion der Circularverteiler

Zur Unterstützung des verfahrenstechnischen Layouts und der Konstruktion werden – wie bei den klassischen Wendelverteilern – Computersimulationen durchgeführt. Dafür haben sich zweidimensionale Modelle auf Basis von Netzwerken bewährt.

Das Arbeitsprinzip des Circularverteilers und die Auslegungsgrundlagen sind in **Bild 2** dargestellt. Das computerunterstützte Layout zielt auf die Ausbildung eines gleichmäßigen Volumenstroms und eines geringen Druckverlustes unter Einhaltung von Schergeschwindigkeiten, die einerseits für einen guten Material- bzw. Farbwechsel sorgen (untere Grenze) und andererseits nicht zu Überhitzungen oder

Bild 3:
Geöffneter Block (Modul) mit Circularverteilung und Innenpinole

zu unzulässig hohen Druckverlusten führen (Obergrenze).
Die Circularverteilertechnik bietet ideale Voraussetzungen für ein modulares Baukastensystem. Einspeisung sowie Vorverteilung und Rundumverteilung der Schmelze werden in einem Block (Modul) vorgenommen, welcher aus wenigen Platten besteht. Für die Herstellung mehrlagiger Produkte können mehrere (bzw. beliebig viele) Module aufeinander "gestapelt" werden (engl. 'Stack Die'). Die Teile der einzelnen Module sind untereinander gleich oder weitgehend gleich. Zur Begrenzung des Ringspaltraums für die Schmelze ist im Zentrum eine Pinole angeordnet, die mit einer Kernbohrung zum Durchleiten von Luft oder einem anderen (Kühl-)Medium versehen werden kann (**Bild 3**).
Außer dem Vorteil der geringen Baugröße und der günstigen Fertigung bietet das System eine Reihe verfahrenstechnischer und betriebstechnischer Vorteile:

- Kurze Fließwege und geringes Schmelzevolumen, dadurch kurze Verweilzeiten sowie schnelle Material- und Farbwechsel.
- Kleine Wandscherrate, dadurch geringe Dissipation (Temperaturerhöhung).
- Geringe Druckverluste, dadurch hohes Durchsatzpotential.
- Hohe Flexibilität hinsichtlich Schichtaufbau (Dickschichten/Dünnschichten, Materialien/Schichtstrukturen) und Schichtanzahl.
- Thermische Trennung und separate Temperierung der einzelnen Module möglich.
- Einzelne Module in Sonderausführungen, z. B. für Korrosionsschutz.
- Einfache und schnelle Demontage, Reinigung und Wiedermontage.

Aber auch Nachteile sollten nicht verschwiegen werden:

- Schmelzezusammenführung nur sequentiell (nacheinander) ausführbar, dadurch bei manchen Strukturen (Polymere mit großen Viskositätsunterschieden) ungünstig.
- Zahlreiche Dichtflächen, dadurch hohe Anforderungen an die Fertigung.

Gerade für kleinere Abmessungen der Extrusionsprodukte überwiegen jedoch die Vorteile deutlich.

Bild 4: Ein- und Dreischichtwerkzeuge für Mikroschläuche (Medizintechnik)

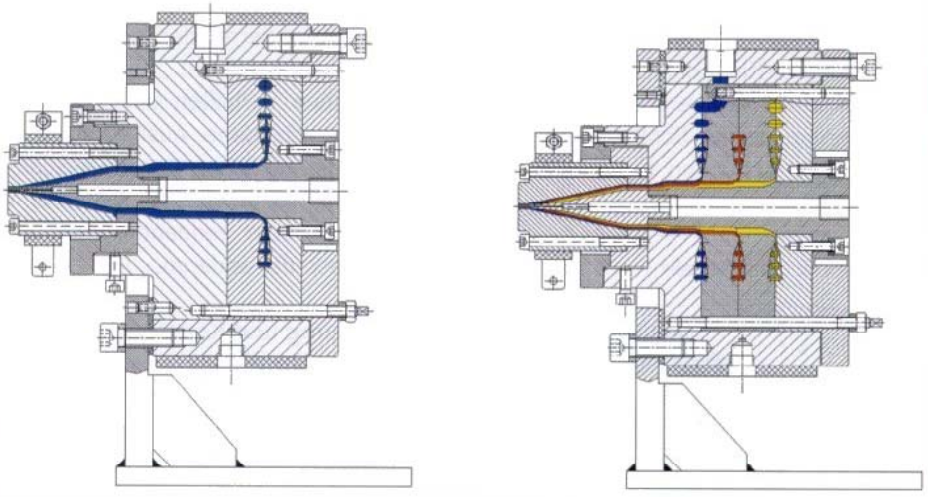
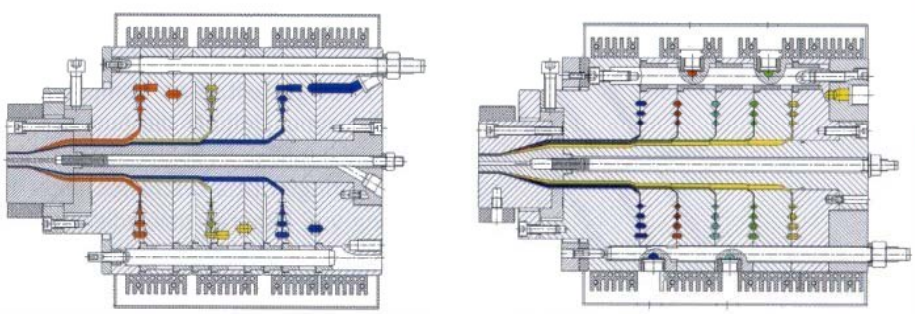


Bild 5: Coextrusionswerkzeuge für Mehrschichtrohre aus Polyamid mit speziellen Funktionsschichten



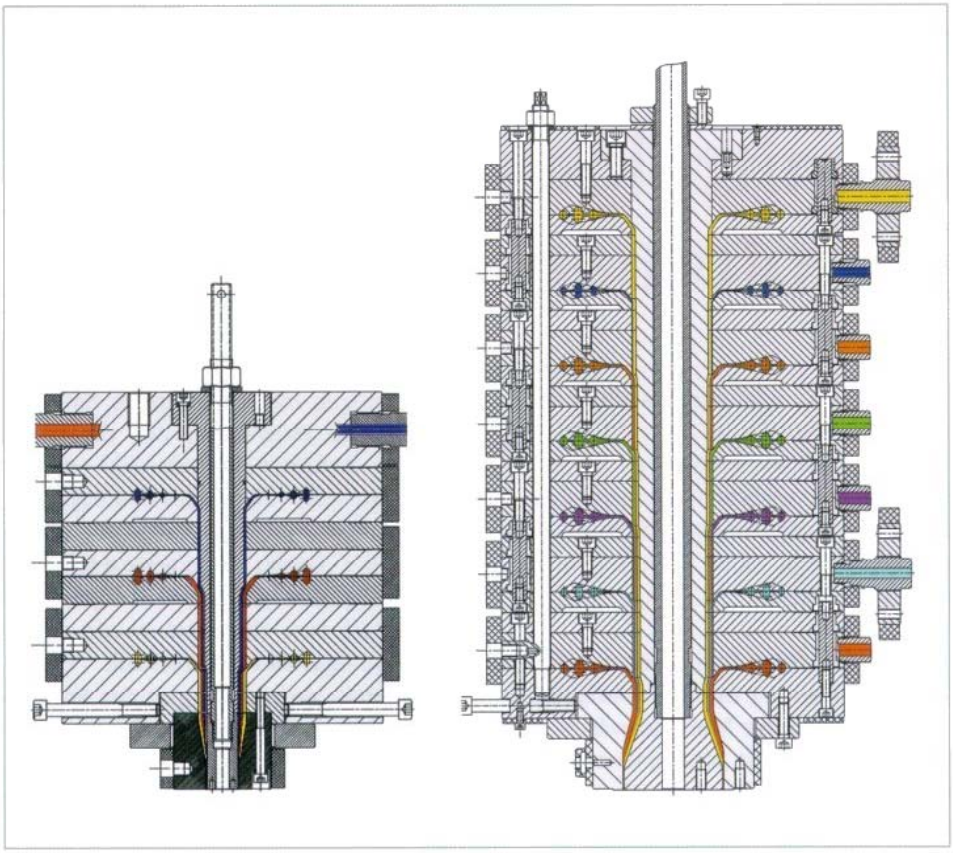


Bild 6: Modulwerkzeuge mit Circularverteilertechnik für Barrierefolien zur Lebensmittelverpackung

Beispiele für Mono- und Coextrusion

Die angesprochenen Vorteile sind bei der Extrusion von Mikroschläuchen für die Medizintechnik von besonderer Bedeutung. Das betrifft einerseits das geringe Schmelzevolumen und die Funktion und zum anderen das schnelle Handling bei Säuberung. Die leichte Zugänglichkeit der Düse von der Rückseite stellt ebenfalls einen gewichtigen Vorteil dar. Demzufolge wurden Werkzeuge mit Circularverteilern mit Erfolg als Mono- und als Mehrschichtsysteme in diesen Bereich eingeführt (**Bild 4**).

Der modulare Aufbau mit allen damit verbundenen Vorteilen hat dazu geführt, dass CV-Systeme sich auch für die Herstellung von Kleinrohren zum Einsatz in Automobilen (Kraftstoffleitungen u.ä.) etabliert haben. In den Darstellungen von **Bild 5** sind als besondere Merkmale zu erkennen: die Möglichkeit der thermischen Trennung zwischen einzelnen Modulen und der Einsatz einer Heiz-/Kühleinheit zur besseren thermischen Kontrolle des Systems (z. B. Verkürzung der Spülzeiten).

Ähnlich wie die CV-Systeme für Rohre sind die für die Extrusion von mehrlagigen Schmalschläuchen für die Lebensmittelverpackung aufgebaut (**Bild 6**).

Im Prinzip können beliebig viele Module "gestapelt" werden mit praktisch unbegrenzten Möglichkeiten der Erzielung besonderer technologischer Produkteigenschaften. Beispiele sind schrumpffähige Hüllen auf Basis Polyamid zum Verpacken von Fleischprodukten.

Ausblick

Nachdem Blasfolienwerkzeuge mit Spiralwendelverteilern schon länger Ihre Marktposition haben, stellt sich heute die Eingangsfrage "Wendel oder Spirale?" auch für andere Extrusionsgebiete. Die Spirale – der Circularverteiler – ist speziell bei kleineren Werkzeugen eine Alternative zur Wendel, besonders bei Coextrusionssystemen. Die Spirale ist auf dem Vormarsch.

ETA Kunststofftechnologie GmbH
Biberweg 4, D-53842 Troisdorf
Tel.: +49 (0)22 41 / 949 707
Fax: +49 (0)22 41 / 949 709
www.eta-gmbh.de; mail@eta-gmbh.de