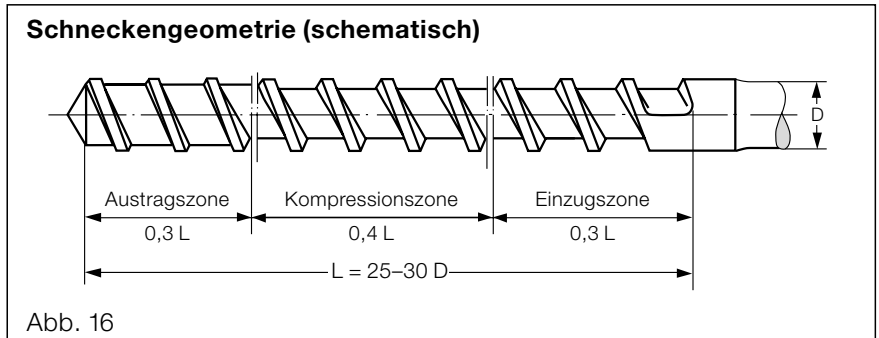


Verarbeitungsverfahren

Extrusion

Maschinenauslegung



Für die Verarbeitung von Elastollan sollten Einschneckenextruder mit einem Kompressionsverhältnis von 1:2 bis 1:3, vorzugsweise 1:2,5 eingesetzt werden.

Nach unseren Erfahrungen eignen sich am besten Dreizonenschnecken mit einem L/D-Verhältnis von 25 bis 30.

Die Dreizonenschnecken sollten eine durchgehend konstante Gangsteigung von 1 D haben.

Das Spiel zwischen Schnecke und Zylinder sollte 0,1 bis 0,2 mm betragen.

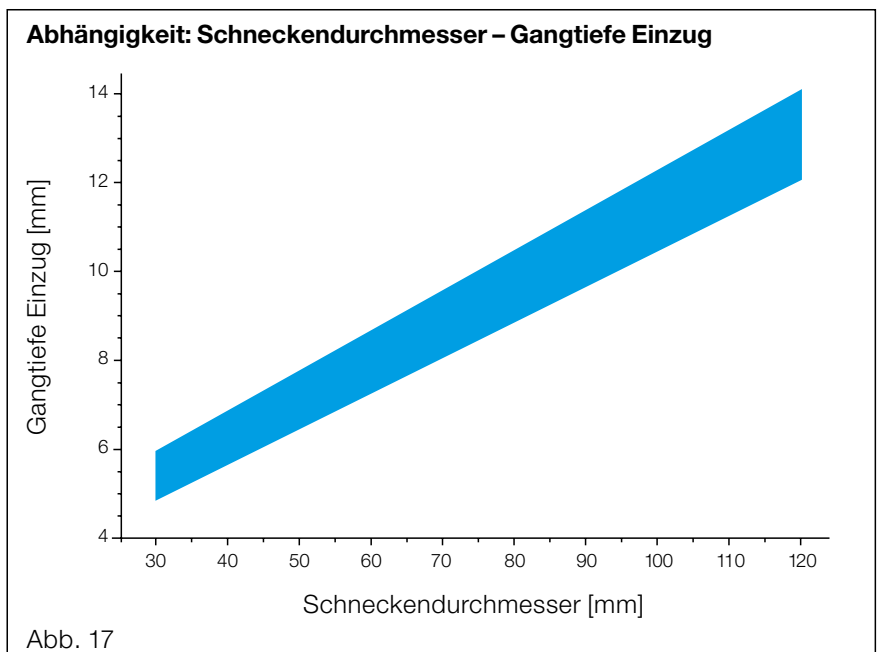
Für die Verarbeitung von Elastollan sind auch mehrgängige Schnecken, wie Barrierschnecken (Überström-

spalte $\geq 1,2$ mm), geeignet. Nicht empfehlenswert sind dagegen Kurzkompressionsschnecken.

In der Praxis haben sich Zylinder mit genuteter Einzugszone bewährt. Diese bieten folgende Vorteile:

- konstantes Einzugsverhalten
- besserer Druckaufbau
- erhöhte Ausstoßleistung.

Beim Einsatz genuteter Buchsen ist eine Kühlung der Einzugszone vorzusehen. Außerdem ist in diesem Fall die Verwendung von Schnecken mit Mischteilen erforderlich, um eine bessere Homogenität der Schmelze zu erzielen. Diese Mischteile dürfen jedoch nicht als Scherteile ausgelegt sein.



Verarbeitungsverfahren

Extrusion

Maschinenauslegung

Empfohlen wird die Verwendung von Lochscheiben mit Siebpaketen. Gute Erfahrungen liegen mit zwei Sieben à 400 Maschen/cm² als Stützsiebe und zwei Sieben à 900 Maschen/cm² als Feinsiebe vor. Je nach Anwendungsfall (wie z. B. Feinfolienherstellung) können feinere Siebe erforderlich werden.

Die Lochscheiben sollen – abhängig von Schneckendurchmesser und Werkzeug – mit Bohrungen von 1,5 bis 5 mm versehen sein.

Bei der Extrusionsverarbeitung von thermoplastischem Polyurethan werden Schneckenantriebe **mit höherer Leistung** als bei anderen Kunststoffen benötigt. Die Leistungsaufnahme liegt zwischen 0,3 und 1 kWh/kg Ausstoß, je nach Zylinder Ausführung.

Die Verwendung von Schmelzepumpen zur Erzielung eines gleichmäßigeren Ausstoßes hat sich bewährt.

Verarbeitungsparameter

Verarbeitungstemperatur

Abhängig von der Härte der einzelnen Produkte werden die folgenden Temperaturbereiche empfohlen:

Schneckendrehzahl

Da thermoplastische Polyurethane scherempfindlich sind, kann durch

zu hohe Schneckendrehzahlen eine Beeinträchtigung der Produkteigenschaften erfolgen.

Die Abhängigkeit der maximalen Schneckendrehzahl vom Schneckendurchmesser zeigt Abbildung 18.

Richtwerte für Verarbeitungstemperaturen in °C

Shore-Härte	Heizzonen			
	Zylinder	Adapter	Kopf	Düse
60 bis 70 A	140–175	160–175	165–170	160–165
75 bis 85 A	160–200	175–200	175–205	170–205
90 bis 98 A	170–210	200–220	195–215	190–210

Tabelle 6

Abhängigkeit: max. Schneckendrehzahl – Schneckendurchmesser

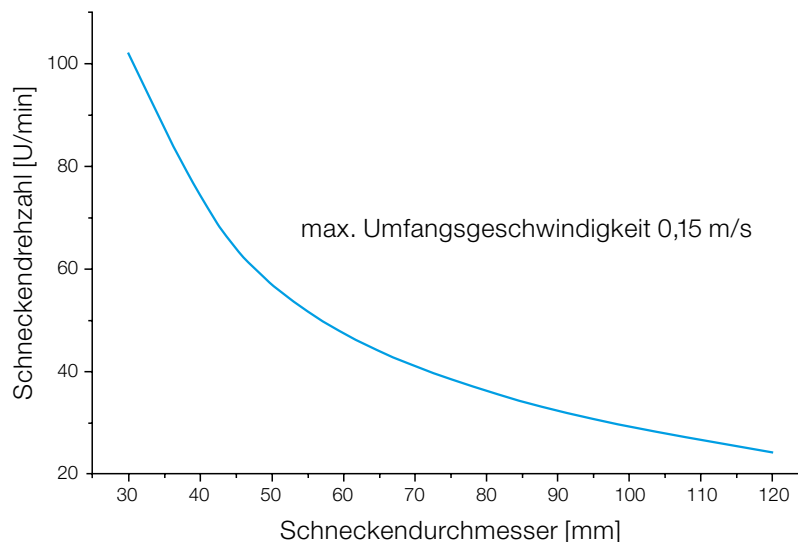


Abb. 18

Verarbeitungsverfahren

Extrusion

Verarbeitungsparameter

Massedruck

Der Massedruck ist vom Querschnitt und der Spaltweite der verwendeten Werkzeuge sowie von der Masstemperatur abhängig. Der Druckbereich liegt zwischen 20 und 300 bar am Adapter. Bei Inbetriebnahme der Extrusionsanlage können Druckspitzen bis zu 1000 bar auftreten. Daher ist für die Elastollan-Verarbeitung ein stufenlos regelbarer Schneckenantrieb empfehlenswert (gegebenenfalls kann „unterfüttert“ angefahren werden).

Reinigung der Extrusionsanlage

Bei Materialwechsel und nach mehr-tägiger Betriebsdauer empfiehlt sich eine Reinigung der Extrusionsanlage. Hierfür eignen sich Polypropylen oder HDPE, welche mit erhöhten Temperaturen verarbeitet werden müssen. Zusätzlich sollte eine Reinigungspaste verwendet werden.

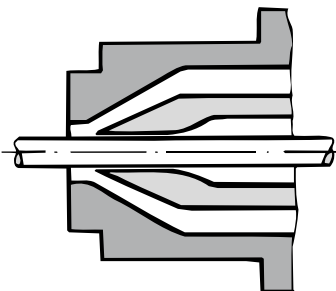
Werkzeuggestaltung

Um einen gleichmäßigen Massefluss zu gewährleisten, ist es wichtig, mit engen Querschnitten, die einen gleichmäßigen Schmelzefluss gewährleisten, und ohne tote Zonen im Werkzeug zu arbeiten. Damit wird eine automatische Spülung des Werkzeuges sichergestellt.

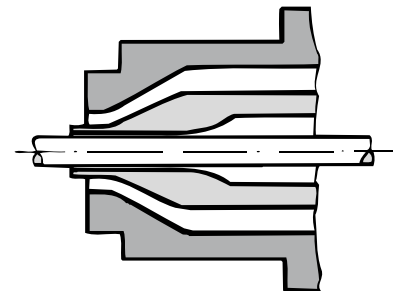
Im Übrigen können die Erfahrungen bei der Herstellung von Werkzeugen für die Extrusion von Thermoplasten übertragen werden.

Die folgenden Abbildungen zeigen Beispiele üblicher Extrusionswerkzeuge:

Draht- und Kabelummantelungswerkzeuge



Druckwerkzeug



Schlauchwerkzeug

Abb. 19

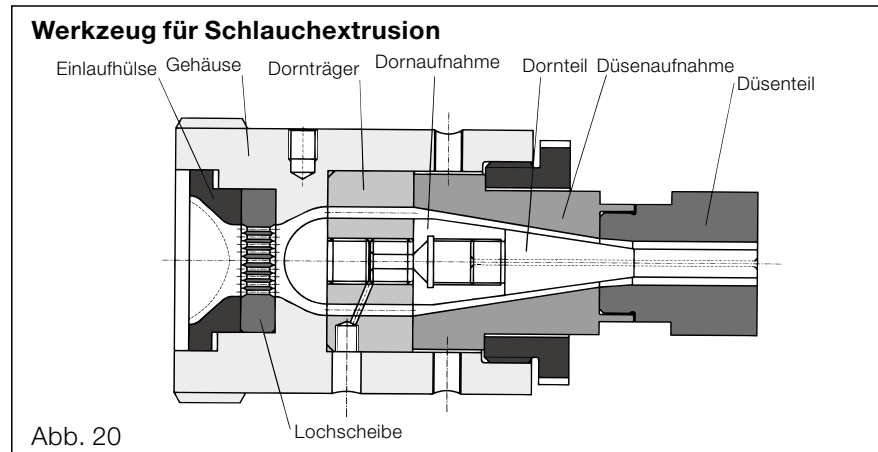
Verarbeitungsverfahren

Extrusion

Werkzeuggestaltung

Bei der Extrusion von Schläuchen und Profilen sind die Werkzeuge mit einer „Bügelzone“ auszustatten. Diese bewirkt einen Abbau der Scherspannungen und dadurch

einen gleichmäßigen Austrag. Die Länge der Bügelzone sollte das zwei- bis vierfache des Düsendurchmessers betragen.



Kühlung und Kalibrierung

Aufgrund der relativ geringen Formstabilität des Extrudats beim Austritt aus der Düse ist eine intensive Kühlung erforderlich und das Kühlbad unmittelbar an das Werkzeug heranzuführen. Zum Kühlen wird üblicherweise Wasser mit einer möglichst niedrigen Temperatur verwendet. Geeignet sind Wasserbäder oder Kühlstrecken mit Sprühdüsen.

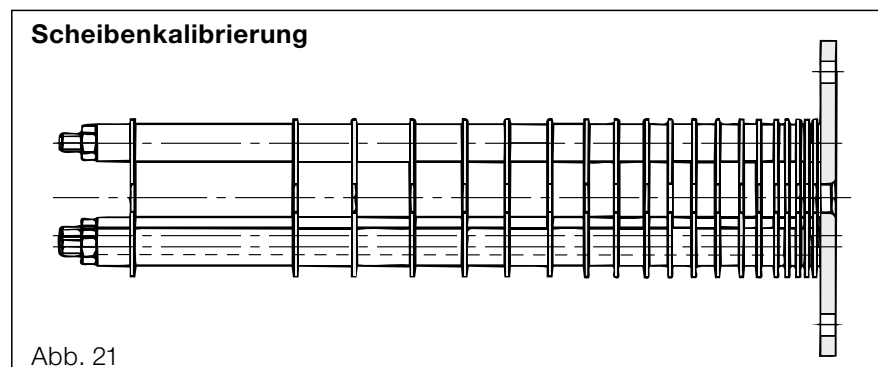
Die Länge der Bäder ist größer zu wählen als bei anderen Thermoplasten. Sie richtet sich nach Härte, Wandstärke, Geometrie und Abzugsgeschwindigkeit des Extrudats.

Eine aktive Kalibrierung ist im Gegensatz zur üblichen Thermoplastverarbeitung aufgrund des hohen Reibungskoeffizienten von thermo-

plastischem Polyurethan nicht möglich. Kalibriervorrichtungen, wie die in Abbildung 21 schematisch dargestellte Scheibenkalibrierung, haben sich zur Führung und Stützung des Extrudates bewährt.

In jedem Fall muss ein Wasserfilm zwischen Extrudatoberfläche und Kalibriervorrichtung als Schmierfilm vorhanden sein. Die Benetzung des Extrudats mit Wasser wird vor Einführung in das Wasserbad durch eine dort installierte Ringdüse vorgenommen.

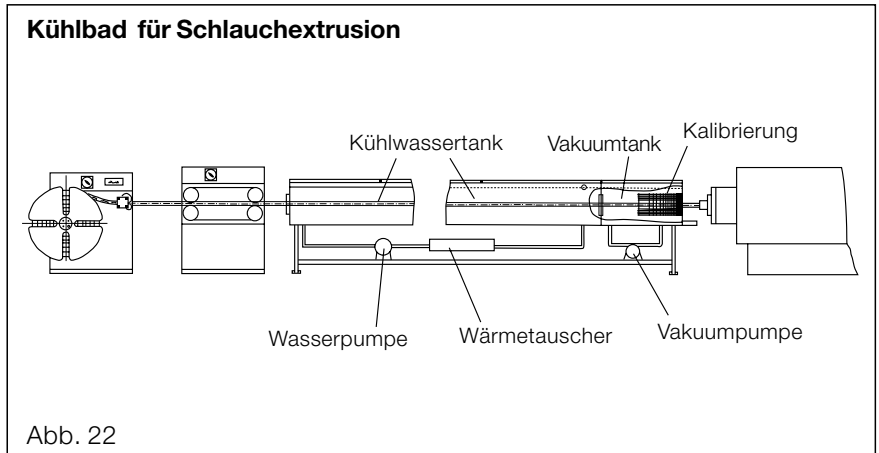
Eine typische Anordnung einer Anlage für die Schlauchextrusion von Elastollan ist in Abbildung 22 dargestellt.



Verarbeitungsverfahren

Extrusion

Kühlung und Kalibrierung



Extrusionsverfahren

Schläuche und Profile

Üblicherweise wird die Extrusion von Schläuchen und Profilen horizontal durchgeführt. Dünnwandige Schläuche und Manchons werden überwiegend vertikal extrudiert und im Kühlbad umgelenkt.

Um ein Zusammenfallen der Schläuche zu vermeiden, ist die Zuführung von Stützluft erforderlich.

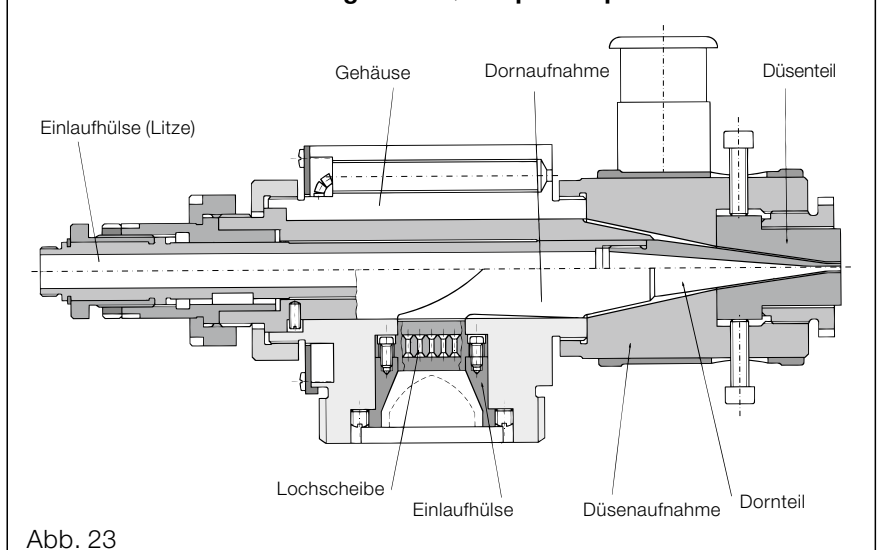
Zur Unterstützung der Formstabilität von Hohlprofilen wird das Arbeiten mit Vakuum empfohlen.

Die Führungsrollen im Kühlbad sollten der Form des Extrudats angepasst sein.

Ummantelungen

Normalerweise erfolgt die Ummantelung von Kabeln, Schläuchen usw. mit einem Querspritzkopf (siehe Abbildung 23), versehen mit einem Druck- oder Schlauchwerkzeug (siehe Abbildung 19). Der zu ummantelnde Unterbau muss trocken und fettfrei sein, um Blasenbildung nach der Extrusion zu vermeiden und eine gute Haftung zu gewährleisten.

Schematische Darstellung eines Querspritzkopfes



Verarbeitungsverfahren

Extrusion

Extrusionsverfahren

Folien

Spezielle Elastollan-Typen eignen sich für die Herstellung von Blasfolien.

Die Abbildung 24 zeigt schematisch einen Folienblaskopf.

Schematische Darstellung eines Folienblaskopfes

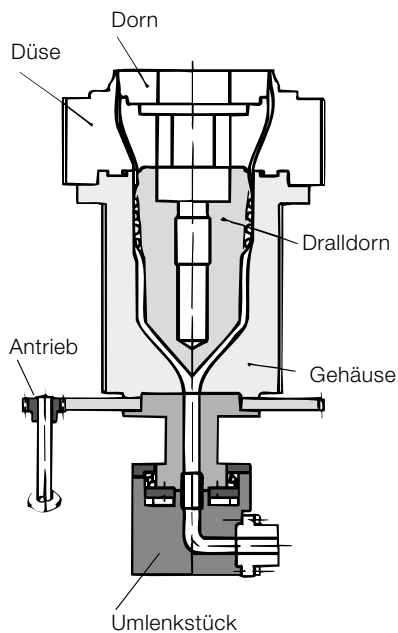


Abb. 24

Folien größerer Wanddicke können nach dem Flachfolienverfahren mit der Breitschlitzdüse (siehe Abbildung 25) hergestellt werden; dafür eignen sich normale Extrusionstypen.

Schematische Darstellung einer Breitschlitzdüse

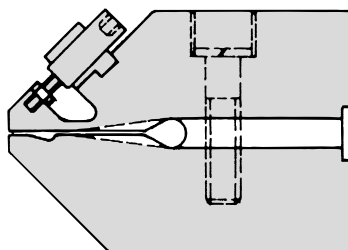


Abb. 25

Hohlkörper

Die Herstellung von Hohlkörpern ist aus bestimmten Elastollan-Typen mit den handelsüblichen Blasmaschinen möglich.

Zur besseren Entformbarkeit empfiehlt sich der Einsatz von Werkzeugen mit angerauter Oberfläche (ca. 35 µm). Zum Ausgleich der Längung des Vorformlings ist eine Wandstärkenregulierung erforderlich. Abbildung 26 zeigt einen für das Blasformen verwendeten Pinolenblaskopf.

Schematische Darstellung eines Pinolenblaskopfes

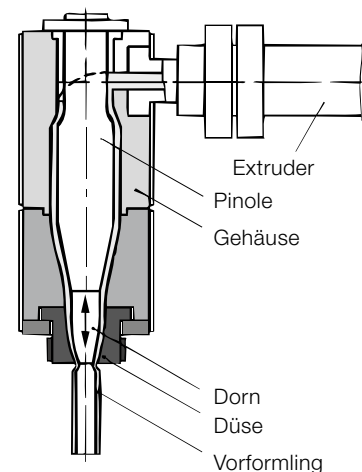


Abb. 26

Verarbeitungsverfahren

Extrusion

Sonderverfahren

Elastollan ist für die Verarbeitung in folgenden Sonderverfahren geeignet:

Coextrusion

zur Kombination der Eigenschaften mehrerer Kunststoffe in einem Verarbeitungsschritt.

Voraussetzung zur Erzielung eines guten Verbundes ist die Verträglichkeit der Materialpaarung, wobei Unterschiede zwischen Ester- und Ethertypen (Elastollan) auftreten können.

Thermoplast-Schaum-Extrusion (TSE)

zur Gewichtsreduzierung und Erzielung spezieller Eigenschaften.

Prinzipiell unterscheidet man zwei Verfahren:

- Chemisches Auftreiben der Schmelze durch Zugabe von Treibmittelsystemen auf konventionellen Extrudern; Schaumdichten zwischen 0,4 und 1,0 g/cm³ sind erreichbar.
- Physikalisches Auftreiben der Schmelze durch eine Gasinjektionsstelle im Extruder. Hier sind Schaumdichten unter 0,4 g/cm³ erreichbar; die Schaumstruktur wird über ein Nukleierungsmittel gesteuert.

Verarbeitungsfehler

Verarbeitungsfehler und mögliche Ursachen										
	Masse-/Zylinder-temperatur	Düsen-temperatur	Masse-druck	Schnek-kendreh-zahl/Ausstoß	Länge Bügel-zone	Homo-geni-sierung	Feuchtig-keits-gehalt	Fremd-material	Kühlung Einzugs-zone	Gleit-mittel
Pumpen	●		●	▼		●	▼		●	▼
raue Oberfläche	▲	▲		●	●	▲				▲
schlierige Oberfläche	▼	▼			●	▲	▼			●
Lunker und/oder Blasen	▼	▼	▲	▲			▼		▼	▼
Fließlinien/ Stegmarkierungen	●		●	▼		▲	▼			
starkes Blocken	▼	▼	▲	▼			▼			▲
unaufgeschlossenes Material	▲	▲		▼		▲		▼		
Maßschwankungen	●	●	●	●	●	●	▼		●	▼
ungenügende Form-stabilität des Extrudates	▼	▼	▲	▼	●		▼			
Schmelzebruch	▲	▲	▼	●	●	●				▲
Materialabbau	▼			●		▼	▼			
▲ Erhöhen zur Lösung des Problems ▼ Reduzieren zur Lösung des Problems ● Erhöhen oder Reduzieren zur Lösung des Problems										
Tabelle 7										