

Bild 3-18
Ringrückströmsperre

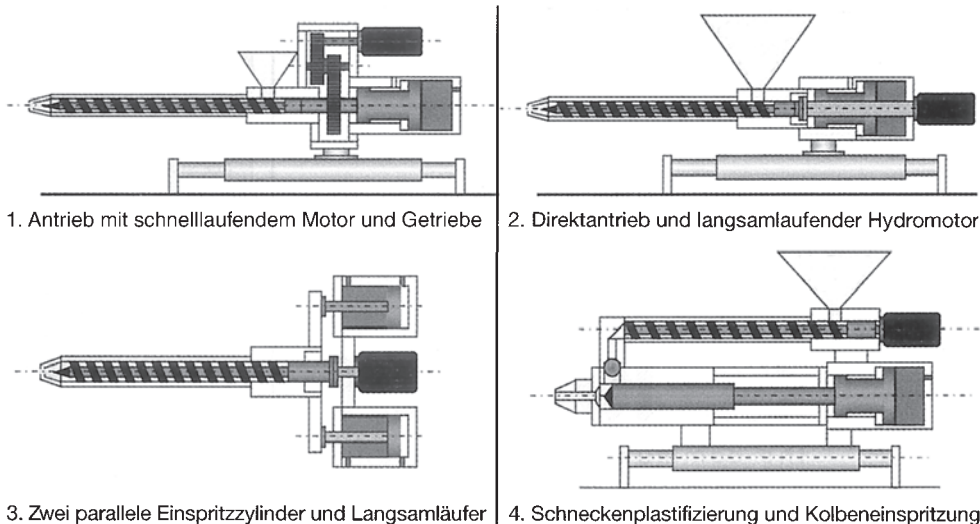
Bedingung für das Öffnen der Rückströmsperre:

$$p \cdot A_{\text{Ring}} > p_v (A_{\text{Ring}} - A_{\text{Segment}})$$

3.8 Schneckenantrieb

3.8.1 Ausführungsformen

Grundsätzlich benötigt die Schnecke einen rotatorischen Antrieb für den Plastifiziervorgang und einen axialen zum Einspritzen. Bild 3-19 zeigt übliche Ausführungen. Die heute bei



1. Antrieb mit schnelllaufendem Motor und Getriebe

2. Direktantrieb und langsamlaufender Hydromotor

3. Zwei parallele Einspritzzylinder und Langsamläufer

4. Schneckenplastifizierung und Kolbeneinspritzung

Bild 3-19 Ausführungsformen von Schneckenantrieben [46]

Kleinmaschinen weit verbreitete Lösung [46] verwendet für das Einspritzen zwei Hydraulikzylinder, die durch ihre parallele Anordnung zum Hydromotor oder zum Schneckenzyylinder die Maschine sehr kurz bauen. Als Rotationsantrieb treibt ein langsamlaufender Hydromotor direkt die Schnecke an. Damit wird die für das Plastifizieren zu beschleunigende und wieder abzubremsende Masse minimiert aber die bewegliche Masse ist beim Einspritzen groß (Bild 3-19 [3]).

3.8.2 Axialantrieb

Bei hydraulischen Spritzgießmaschinen wird die Schnecke während des Einspritzvorgangs durch einen oder zwei Kolben angetrieben. Die nach links gerichtete Antriebskraft ergibt sich aus der Kolbenfläche A_K und dem Hydraulikdruck p_H (Bild 3-20). An der Schnecken spitze entsteht eine entgegengesetzte Kraft $p_{Sv} \cdot A_{Sv}$. Wenn man weitere Kräfte durch Haften oder Leckströmungen ausschließt, ergibt sich aus der Gleichgewichtsbedingung an der Schnecke;

$$p_H \cdot A_K = p_{Sv} \cdot A_{Sv} \quad \text{und nach } p_{Sv} \text{ aufgelöst: } p_{Sv} = A_K/A_{Sv} \cdot p_H$$

mit p_{Sv} theoretischer Massedruck im Schneckenorraum = spezifischer Einspritzdruck, p_H Hydraulikdruck, A_K Kolbenfläche, A_{Sv} Fläche des Innendurchmessers des Zylinders bzw. des Außendurchmessers der Schnecke.

Da die Kolbenfläche größer ist als die Querschnittsfläche der Schnecke ergibt sich eine Druckübersetzung im Verhältnis der Flächen. Da man für Spritzgießmaschinen Zylinder-, Schneckengarnituren mit unterschiedlichen Durchmessern kaufen kann, ist dieses Verhältnis variabel – je kleiner die Schnecke desto größer die Übersetzung. Bei den üblichen mittleren Garnituren liegt das Verhältnis bei etwa 10.

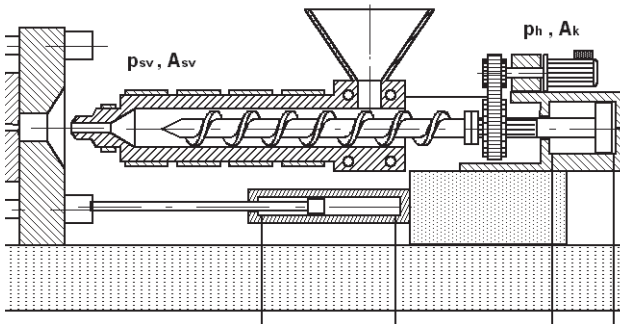


Bild 3-20

Axialer und rotatorischer Schneckenantrieb

p_H Hydraulikdruck,

p_{Sv} theoretischer Massedruck im Schneckenorraum,

A_K Kolbenfläche,

A_{Sv} Schneckenfläche

3.8.3 Rotatorischer Schneckenantrieb

Die zum Plastifizieren notwendige Energie wird zu einem erheblichen Teil (typische Größenordnungen: 60% bei Thermoplasten, 90% bei Duroplasten) als Reibungswärme vom Schneckenantrieb über die Schnecke in den Kunststoff eingeleitet. Dies führt dazu, dass der Dosiervorgang ein relativ großer Energieverbraucher ist. Der Antrieb muss entsprechend

solide sein, da er außerdem noch einer vergleichsweise starken Anfahrbeanspruchung ausgesetzt ist.

Man unterscheidet beim rotatorischen Schneckenantrieb nach Art und nach Lage des Antriebs:

- elektromotorischen Antrieb mit Untersetzungsgetriebe oder Schneckengetriebe,
- hydraulischen Antrieb mit Untersetzungsgetriebe oder Schneckengetriebe,
- direkthydraulischen Antrieb.

Zwei Positionen bieten sich für diese Antriebe an. Ein Platz zwischen Hydraulikkolben und Schnecke oder das durchtauchende Ende der Schnecke auf der äußeren Seite des Aggregates (Bild 3-19).

3.8.3.1 Elektromotorischer Schneckenantrieb

Während bisher der elektromotorische Antrieb großen Spritzgießmaschinen (über 15 000 kN Schließkraft) vorbehalten war, setzt er sich neuerdings als einfache Lösung für den Parallelbetrieb auch bei kleineren Maschinen durch. Asynchron-Drehstrommotoren mit Frequenzsteuerung oder Drehstrom-Servomotoren mit Regelung von Drehzahl und Drehmoment ersetzen in Kombination mit Zahnriemen oder Getriebe den Hydromotor. E-Motoren haben ein großes Anfahrmoment. Die Schnecken kleinerer bis mittlerer Durchmesser müssen deshalb gegen Abdrehen besonders gesichert werden. Möglichkeiten dazu sind Kaltstartsperrern oder Drehmomentbegrenzungen.

Vorteile des elektromotorischen Antriebs:

- Guter energetischer Wirkungsgrad. Der E-Motor reduziert den Energieverbrauch während des Plastifizierens um ca. 25 bis 60 %. Dies kann zu einer Verbesserung des Gesamtwirkungsgrads von 10 bis 25 % oder mehr führen.
- Konstant bleibende Drehzahlstufen. Dies bewirkt ein sehr gutes Reproduzierverhalten.
- Zuverlässigkeit.

3.8.3.2 Hydromotorischer Schneckenantrieb

Die Vorteile des Hydromotors gegenüber dem elektromotorischen Antrieb sind:

- Stetige Verstellbarkeit der Drehzahl; bei elektrischen Servomotoren ebenfalls möglich.
- Drehmomentbegrenzung durch Druckbegrenzung (Sicherheit gegen Abdrehen der Schnecke).
- Die relativ große Linearität des Drehmoments, abhängig von der Drehzahl.
- Infolge geringen Trägheitsmoments schneller Start und schnelles Bremsen (Dosiergenauigkeit).
- Niedriges Leistungsgewicht, günstig beim Beschleunigen der bewegten Massen beim Einspritzen und beim Abbremsen.

In Tabelle 3-3 sind übliche Motorenarten zusammengestellt. Heute werden fast nur noch langsam laufende Hydromotoren eingesetzt.

Tabelle 3-3 Einteilung von Hydromotoren für den Schneckenantrieb an Spritzgießmaschinen

| Motorart | Drehzahlbereich [min ⁻¹] | Verdränger-Prinzip |
|---------------|--------------------------------------|---|
| Langsamläufer | 1 bis 150 | Radialkolbenmotor Flügelzellenmotor Zahnringmotor |
| Mittelläufer | 10 bis 750 | Rollflügelmotor Flügelzellenmotor Zahnringmotor |
| Schnellläufer | 300 bis 3000 | Axialkolbenmotor Flügelzellenmotor Sperrschiebermotor |

3.9 Führung und Betätigung des Aggregats

Bei allen Spritzaggregaten muss die präzise Ausrichtung auf die Angussbüchsenmitte möglich sein. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Schwenkbarkeit des Aggregats, um einen freien Zugang beim Ziehen der Schnecke zu haben. In Bild 3-21 sind einige Möglichkeiten zusammengestellt.

Bei Maschinen zwischen 300 und 10000 kN Schließkraft bevorzugt der Maschinenbau die Säulen- oder Schlittenführung auf dem Maschinenbett, über 10000 kN Schließkraft ausschließlich die Schlittenführung (Bilder 3-21 a, b, c). Wegen des großen Gewichts der Spritzeinheiten großer Maschinen ist man gezwungen, die Schlittenführung (Bild 3-21 c) zu wählen. Der Schlitten stützt sich auf nachstellbaren Gleitschuhen ab.

Der Aggregathub zum Aufsetzen und zum Abheben der Düse kann durch eine Kolben-Zylinder-Konstruktion in Verbindung mit den Fahrsäulen gelöst werden (Bild 3-21 a). Vor-

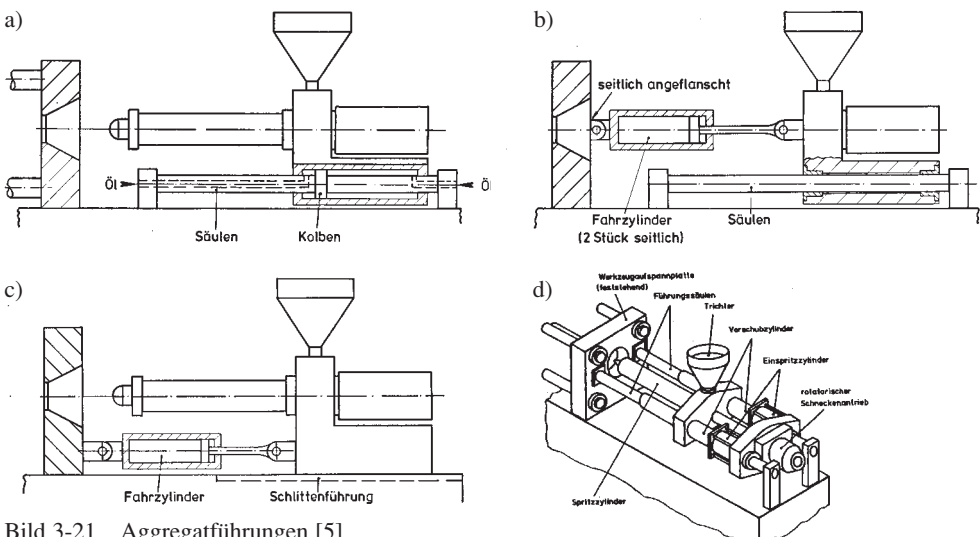


Bild 3-21 Aggregatführungen [5]

zugsweise wird jedoch ein Fahrzylinder zwischen Werkzeugaufspannplatte und Spritzaggregat über oder unter der Maschinenbettoberfläche angebracht.

Günstiger sind zwei achsparallele und in Ebene mit dem Spritzzylinder angebrachte Fahrzylinder, da sie keine Hebelwirkung erzeugen und deshalb eine zentrische Positionierung zwischen Düse und Angussbuchse bewirken (Bild 3-21 b). Bei der in (Bild 3-21 d) dargestellten Lösung liegen Führungssäulen und Zylinder in einer Ebene. Es entsteht keine exzentrische Kraft, die Düsenverschleiß oder ein Durchbiegen des Zylinders bewirken könnte. Die Säulen können auch mit einem Kolben versehen werden, über den Hydraulikzylinder laufen.

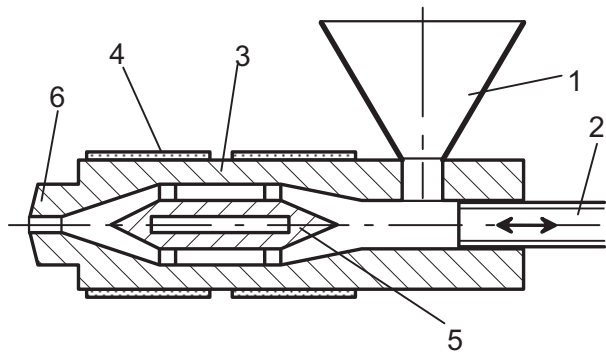
Bei kleinen bis mittleren Maschinen findet man häufig eine Führung auf achsparallelen Säulen.

3.10 Andere Spritz- und Plastifiziereinheiten

3.10.1 Kolbenplastifizieraggregat

Bis zum Jahr 1955 war die Kolbenspritzgießmaschine (Bild 3-22) die Standardmaschine für das Spritzgießen. Das Aufschmelzen erfolgt durch Beheizung von außen. Beim Einspritzen kommt zusätzliche Schererwärmung hinzu. Es fehlt jedoch die Mischwirkung der Schnecke, deshalb wird durch Einbauten, wie z. B. einem Torpedo, eine zweiseitige Wärmezufuhr und eine Homogenisierung der Schmelze angestrebt. Das Kolbenprinzip hat jedoch heute nur noch bei sehr kleinen Maschinen eine Bedeutung, Schnecken mit Durchmessern unter 12 mm sind aus Gründen der mechanischen Festigkeit sehr problematisch, da trotzdem Gangtiefen von ca. 3 mm nötig sind. Die Schmelzequalität und Dosiergenauigkeit von Kolbenplastifizieraggregaten ist schlechter als die der Schneckenaggregate.

Bild 3-22
Kolbenplastifizierung
1 Materialtrichter,
2 Einspritzkolben,
3 Einspritzzylinder,
4 Heizband,
5 beheiztes Torpedo,
6 Düse



3.10.2 Schneckenvorplastifizierung mit Kolbeneinspritzung

Historische Bedeutung hat das Prinzip der *Schneckenvorplastifizierung mit Kolbeneinspritzung* (auch als Zweistufen-Spritzaggregat bezeichnet) (Bild 3-23). Diese mechanisch aufwendige, aber antriebstechnisch einfachere Konstruktion (s. auch 3.8.1) findet jedoch neuerdings wieder mehr Anwendungen:

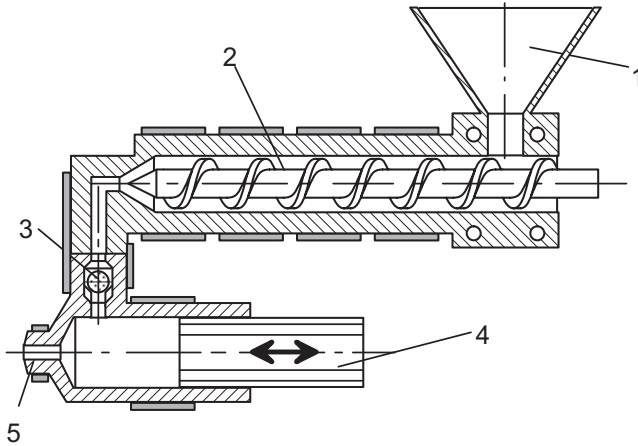


Bild 3-23
Schneckenvorplastifizierung
mit Einspritzkolben
1 Materialtrichter,
2 Plastifizierschnecke,
3 Rückschlagventil,
4 Einspritzkolben,
5 Düse

- Wenn hohe Durchsatzleistungen und eine gute Qualität der Schmelze gefordert sind. Die Schnecke kann je nach Konstruktion während des ganzen Zyklus drehen. Typische Anwendung: Herstellung von PET-Flaschenvorformlinge (Husky, Netstal u. a.).
- Für Kleinstmaschinen. Vorteile: homogene Plastifizierung und hohe Dosiergenauigkeit bei kleinsten Schussgewichten (Battenfeld, Ferromatik, Boy usw.).
- Für technische Formteile höchster Qualität. Der japanische Maschinenhersteller Nissei hat 1997 eine neue Maschinenreihe in dieser Bauart vorgestellt (Markenbezeichnung „Triplemelt“).

Je nach Bauart arbeitet die Schnecke als Extruder (der Staudruck wird am Kolben aufgebracht) oder wie ein Schneckenspritzaggregat (der Staudruck wird an der Schnecke aufgebracht und der Kolbenzylinder wird durch Vorfahren der Schnecke gefüllt). Ein Rückschlagventil verhindert das Rückströmen der Schmelze in den Schneckenbereich beim Einspritzen in das Werkzeug.

3.11 Leistungsdaten der Spritzaggregate

Die wichtigsten Leistungsdaten der Spritzeinheit betreffen Hubvolumen, Arbeitsvermögen, Einspritzstrom, verfügbare Einspritzleistung und Plastifizierstrom.

3.11.1 Hubvolumen, Schussgewicht

Das Hubvolumen ist das Produkt aus dem Dosierweg und der wirksamen Fläche des Spritzkolbens (DIN 24450). Es stellt eine rechnerische Größe dar und ist ungefähr 10% größer als das maximale Spritzgussteilvolumen.

$$\text{Theoretisches Hubvolumen} = \frac{\pi}{4} \cdot \text{Zylinderdurchmesser}^2 \cdot \text{Schneckenhub}$$

Das maximal mögliche Schussgewicht errechnet sich etwa wie folgt:

$$G_{\max, \text{Schussgewicht}} = k \cdot \text{Hubvolumen}_{\max} \cdot \text{Dichte des Kunststoffs}$$

Der Korrekturfaktor k , der zwischen 0,7 und 0,8 liegen soll, berücksichtigt, dass das maximal mögliche Hubvolumen nicht ausgenutzt werden soll.

3.11.2 Einspritzleistung

An Stelle der Einspritzleistung sind in den Katalogen der Maschinenhersteller normalerweise folgende Daten zu finden:

- maximaler Spritzdruck,
- maximale Spritzgeschwindigkeit.

Die Einspritzleistung ergibt sich nach der Formel:

$$\text{Leistung} = \frac{\pi}{4} \cdot \text{Zylinderdurchmesser}^2 \cdot \text{Druck} \cdot \frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}}$$

Gemäß EUROMAP 4 wird die Spritzleistung im mittleren Abschnitt des verfügbaren Hubes gemessen, wobei ohne Material gefahren wird und die entsprechende Last durch eine Drossel in der Hydraulikleitung simuliert wird (Bild 3-24).

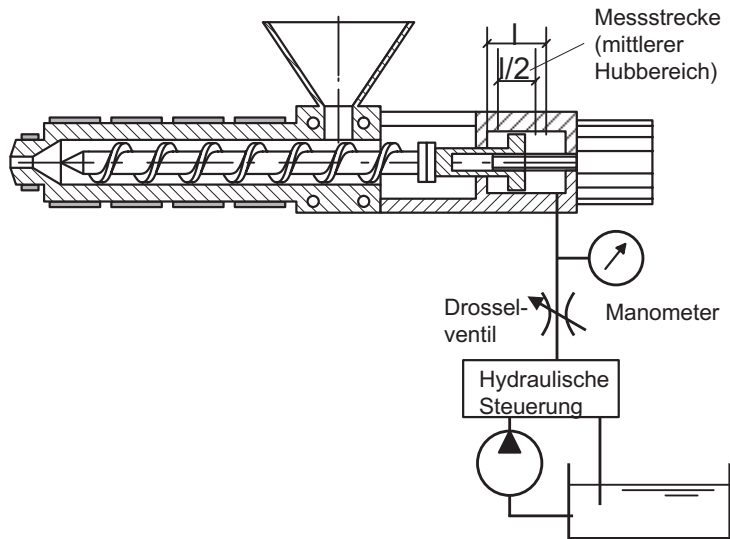


Bild 3-24
Messanordnung zur
Bestimmung der
Einspritzleistung
(EUROMAP 4)

3.11.3 Einspritzstrom

Der *Einspritzstrom* ist gemäß EUROMAP 5 die Masse des Spritzlings (Schussgewicht) geteilt durch die Einspritzzeit (g/s).