

## Gummi - gut in Form

Gummipuffer, Gummimatten, Gummigriffe, Gummitüllen, Gummirahmen, Gummibälge, Gummimanschetten, Gummidichtungen usw. Der Kautschukfachmann nennt solche und ähnliche Teile „Formartikel“ oder auch „Pressartikel“, weil sie nämlich in einem Pressverfahren vulkanisiert und damit in Form gebracht werden.

Im Gegensatz dazu stehen Erzeugnisse, die man im **Extrusionsverfahren** herstellt. So ein **Extruder**, auch Schneckenpresse genannt, arbeitet im Prinzip wie ein Fleischwolf. Die Förderschnecke presst kontinuierlich einen Materialstrang durch das formgebende Werkzeug. Dabei entstehen bspw. Schläuche, Schnüre und Profile. Aus dem Vorgang wird leicht ersichtlich, warum das Extrusionsverfahren auch „Strangpressen“ genannt wird.

Gummiformartikel brauchen in besonders großen Mengen die Automobil- und die Elektroindustrie, aber auch verschiedene Haushaltswaren-Branchen. 40 % aller technischen Elastomer-Erzeugnisse sind Formartikel.

Man könnte sich nun denken, dass es ja ganz einfach sein müsste, Gummiformartikel im Pressverfahren herzustellen: Presse auf - eine Portion unvulkanisierte Gummimischung in die Formmulde einlegen - Presse zu - einen Moment warten - Presse wieder aufmachen und das fertige Teil herausnehmen.

Nun, bei einer zähflüssigen Glasmasse würde das ja wohl so auch gehen. Nicht aber bei Gummi oder, genauer gesagt, bei Kautschuk, dem Ausgangsmaterial für Gummi. Denn dieser ist, im Gegensatz zum anorganischen Glas, ein organischer, ein sehr „lebendiger“ Rohstoff. Ihn in Form zu bringen ist doch etwas schwieriger. Und nicht nur das. Beim Ausformen eines Gummiartikels in der Presse spielen sich zwei Vorgänge gleichzeitig bzw. kurz nacheinander ab:

1. die **Formgebung** an sich und

2. die chemische **Umwandlung** der eingebrachten zäh-plastischen Kautschukmischung durch Vulkanisation in elastischen Gummi. Dies ist eine chemische Reaktion, die im Wesentlichen irreversibel ist.

Beim Pressen von Glas oder auch Metallen sind chemische Umwandlungsprozesse nicht notwendig, denn die Form ergibt sich nach der Abkühlung der Schmelze von selbst. Hier liegt ein physikalischer Prozess vor, der reversibel ist.

Ausgangsprodukt für alle Verfahren zur Herstellung von Gummiformartikeln sind so genannte **Mischungsfelle**, fertige Kautschukmischungen, die bereits alle Substanzen und „**Zuschläge**“, die zur Umwandlung in geformte Gummiteile notwendig sind, enthalten. Auch schon den Schwefel, der nachher die Vulkanisation bewirken soll.

Diese Felle, die dem Mischprozess einer Gummifabrik entstammen, können in verschiedenen Verfahren weiterverarbeitet werden.

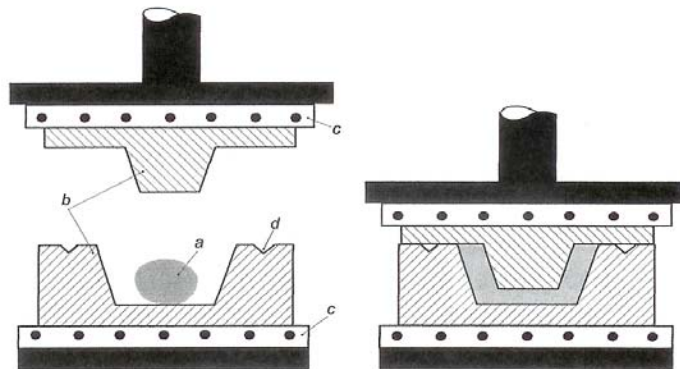
## 1. Das Kompressionsverfahren

Bei dieser ursprünglichen Methode der Herstellung von Formartikeln besteht das formgebende Werkzeug in der Vulkanisationspresse aus zwei Elementen: dem Unterteil mit dem „Formnest“ und dem Oberteil als Deckel.

Diese Form wird zunächst in der Presse von Heizplatten auf die zur Vulkanisation erforderliche Temperatur gebracht.

Bei geöffneter Form legt man nun in das Nest eine bestimmte, vom Mischungsfell abgeschnittene Menge, die oft auch schon etwas vorgeformt ist, ein. Diese Menge muss über ein etwas größeres Volumen als das Formnest verfügen (ca. 5 %). Dann schließt man die Presse. Dabei wird der **Rohling** so in das Nest hineingequetscht, dass der Kautschuk die Hohlräume zwischen den Pressenhälften vollkommen und gleichmäßig ausfüllt. Dies ist bereits die gewünschte Endform (von geringfügigen Abweichungen infolge der durch Abkühlung bewirkten „**Schwindung**“ einmal abgesehen!).

**Bild 1:**  
Prinzipdarstellung des  
Pressverfahrens  
(Compression Moulding)  
a = Rohling  
b = Werkzeug  
c = Heizplatten  
d = Austriebsnut



Jetzt erwärmt sich das Rohmaterial, der **Vulkanisationsprozess** setzt ein:

Der in der Mischung enthaltene Schwefel bildet zwischen den langkettigen, fadenförmigen Kautschukmolekülen Querbrücken und vernetzt dadurch diese Fäden miteinander. So wird aus plastischem Kautschuk elastischer Gummi. Wichtig ist allerdings, und dies gilt für chemische Reaktionen schlechthin, das sehr genaue Einhalten von Vulkanisationstemperatur und Vulkanisationsdauer. Wird das Material zu kurz oder zu niedrig erhitzt ist der Vulkanisationsgrad unzureichend und das Produkt verfügt nicht über die gewünschten Eigenschaften. Wird das Material zu stark oder zu lange erhitzt, verschlechtern sich die Eigenschaften des entstehenden Gummis über ein Optimum hinaus wieder. Letzteren Effekt nennt der Fachmann „Reversion“.

Ist die Vulkanisation abgeschlossen, kann die Form wieder geöffnet und das nunmehr fertige Formteil aus dem Formnest (der Mulde) herausgenommen werden.

Dieses Verfahren bedarf allerdings einer relativ langen Heiz- oder Vulkanisationszeit, die abhängig ist vom Volumen des Artikels und vom Mischungsaufbau und zwischen wenigen Minuten und mehreren Stunden liegt.

Dies wird dadurch bedingt, dass der Rohling zunächst gleichmäßig auf Pressentemperatur erhitzt werden muss, was wegen schlechtem Wärmeleitungsverhalten zeitaufwändig ist. Ferner bleibt an der Trennfläche zwischen Ober- und Unterteil der Form wegen des zur Druckerzeugung notwendigen Materialüberschusses in der Form am Fertigteil ein lästiger Grat zurück, auch „Austrieb“ genannt, der nachträglich, meist manuell, entfernt werden muss.

Die Vulkanisationszeit lässt sich demzufolge verkürzen, wenn man den Rohling vor dem Einlegen in die Presse etwas vorwärmt. Rationalisierungsmöglichkeiten für das Kompressionsverfahren ergeben sich ferner dadurch, dass die bis zu 100 x 200 cm großen Formen je nach Artikelgröße mehrere Formnester enthalten und dass man mehrere Formen in Etagen der Vulkanisationspresse übereinander anordnen kann. Dazwischen liegen dann jeweils Heizplatten, die für gleichmäßige Wärmezufuhr sorgen. Durch diese sinnreiche Konstruktion erbringt ein einziger Heizvorgang schon eine ganze Anzahl von Fertigteilen.

Das **Kompressionsverfahren** ist trotz der erwähnten Nachteile für folgende Artikel beispielsweise nach wie vor das sinnvoll einzig anwendbare:

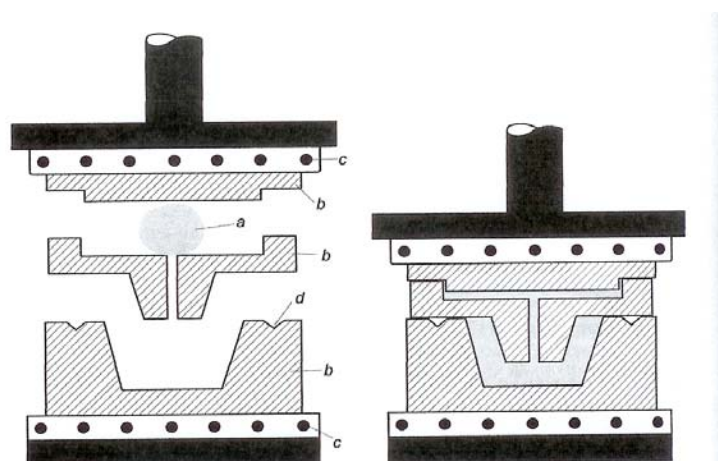
- großflächige Gegenstände (ab etwa 0,7 m<sup>2</sup>)
- Artikel mit Festigkeitsträgereinlage (Textil, Metall, Glasfaser)
- Artikel, die aus mehreren verschiedenen Kautschuksorten zusammengesetzt sind
- Artikel aus Kautschuksorten, die zum Vulkanisieren lange Heizzeiten bei niedrigen Temperaturen erfordern

## 2. Das Transfer-Moulding-Verfahren

Hier besteht die Form nicht aus zwei, sondern aus drei Teilen: dem Unterteil mit dem Formnest, dem Oberteil mit eingearbeitetem Einspritzzylinder und einem Einspritzkolben.

Beim Schließen der Presse wird die eingelegte Rohmischung von dem Kolben durch den Einspritzzylinder in das Formnest gepresst, „transferiert“. Daher kommt der Name Transfer-Moulding, wobei das englische „moulding“ nichts anderes bedeutet als „Formgebung“.

**Bild 2:**  
Prinzipdarstellung des Transferpressverfahrens (Transfer-Moulding)  
a = Rohling  
b = Werkzeugplatte  
c = Heizplatten  
d = Austriebsnut



Welche Vorteile bringt dieses Verfahren?

Zum ersten verkürzt sich die Heizzeit, weil sich die Mischung infolge der Reibung beim Durchquetschen durch die engen Bohrungen in das Formnest wie auch durch Umsetzen von Druck in Temperatur nach Entspannung schon erheblich erhitzt. Je nach Artikelgestalt und Spezifikation der Rohmischung kann die Vulkanisationszeit auf wenige Minuten verkürzt werden.

Weiterhin braucht man, um genügend Presskraft im Formennest zu bekommen, nicht so viel Rohmaterial einzulegen wie beim Kompressionsverfahren, weil ja in die schon geschlossene Form eingespritzt wird und der Einspritzkolben für Druck sorgt. Ergebnis: weniger Abfall, größere Maßgenauigkeit und weniger Nacharbeit, da nicht so viel Material in der Trennebene zwischen den Formhälften austritt. Der hier noch entstehende dünne Austrieb (Grat) lässt sich vom Fertigteil beispielsweise durch Vereisung relativ leicht entfernen.

Zwei Nachteile dieses Verfahrens müssen aber auch erwähnt werden:

Man muss hier mit etwas höherwertigen und zumeist deshalb teureren Mischungen arbeiten, die den diffizilen Spritzvorgang durch die engen Kanäle des Einspritzzylinders ermöglichen und nicht vorzeitig mit der Vulkanisationsreaktion beginnen. Außerdem ist natürlich eine solch dreiteilige Form kostenaufwändiger als die zweiteilige Kompressionsform.

### **3. Das Injection-Moulding-Verfahren**

Man nennt es auch „Spritzgießverfahren“. Zunächst ist es in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts für die Kunststoff-Verarbeitung erfunden worden. Kurze Zeit später wurde es für die Kautschuk-Verarbeitung modifiziert. Der Unterschied ist darin begründet, dass Thermoplaste, ein Mittelding zwischen Kautschuk und Kunststoff, bei hoher Temperatur verarbeitet werden und die Formgebung in einem vergleichsweise kalten Nest abläuft, wohingegen Kautschukmischungen während der Verarbeitung nur moderate Temperaturen vertragen, dann aber in der Form bei hoher Temperatur ausvulkanisieren müssen.

Ganz pauschal muss man beim Spritzgießverfahren wieder von drei Untertypen sprechen: dem Kolben-Spritzgießen, dem Schnecken-Spritzgießen und dem Schnecken/Kolben-Spritzgießen.

Schon beim Kolbensystem, dem einfachsten der drei Verfahren, lässt sich bereits in der Vorkammer (im Einspritzzylinder) unschwer eine Vorwärmung der Mischung erreichen und danach die Materialmenge zur Formfüllung sehr genau dosieren.

In Bezug auf die Vulkanisationszeiten ähnelt das Verfahren dem Transfer-Moulding-System. Verbesserungen kann man erzielen, indem man vor dem Einspritzkanal eine Art Hindernissystem anordnet, das die Reibung erhöht und so die Mischung schnell und stärker erwärmt.

Bei den beiden **Schnecken-Spritzgießverfahren** wird die Mischung von der rotierenden Schnecke in die Vorkammer transferiert und dabei nicht nur erwärmt, sondern auch noch tüchtig geknetet („plastifiziert“) und zudem der Menge nach exakt dosiert.

Von der ruhenden Schnecke wird dann erst die Mischung in die geschlossene Form eingespritzt, die, ebenfalls beheizt, das Fertigteil während der Vulkanisation ausformt.

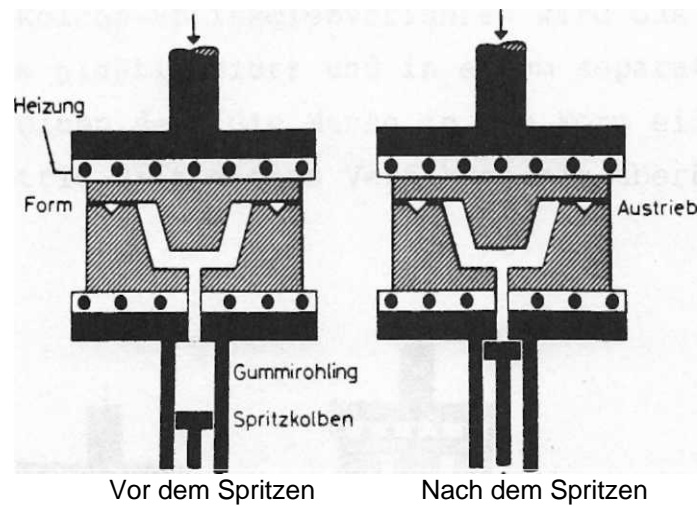


Bild 3. Kolben-Spritzgießverfahren

Beim **Schnecken/Kolben-Spritzgießverfahren** wird das Material von einer Extruderschnecke plastifiziert und in einem separaten Zylinder dosiert, dessen Kolben dann die Masse in die Form einspritzt. In der Kunststoffindustrie gilt dieses Verfahren als überholt. Bei der Kautschukverarbeitung aber bringt die Kombination der Kolbenmaschine und ihrer schnellen Schussfolge mit den Plastifiziereigenschaften der Schneckenmaschine eine abermalige Verkürzung der Vulkanisierungszeiten bis herab zu einer Minute.

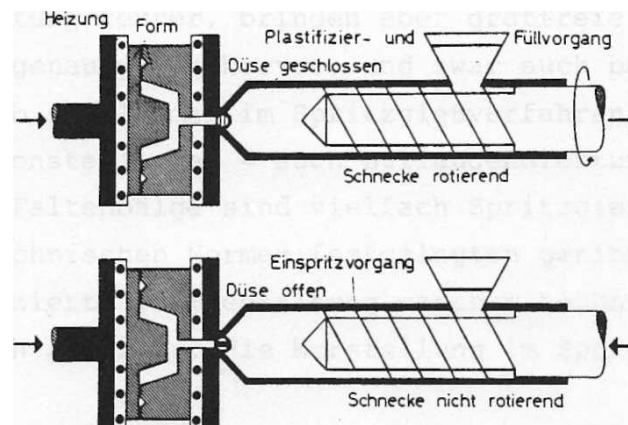


Bild 4: Schnecken-Spritzgießverfahren

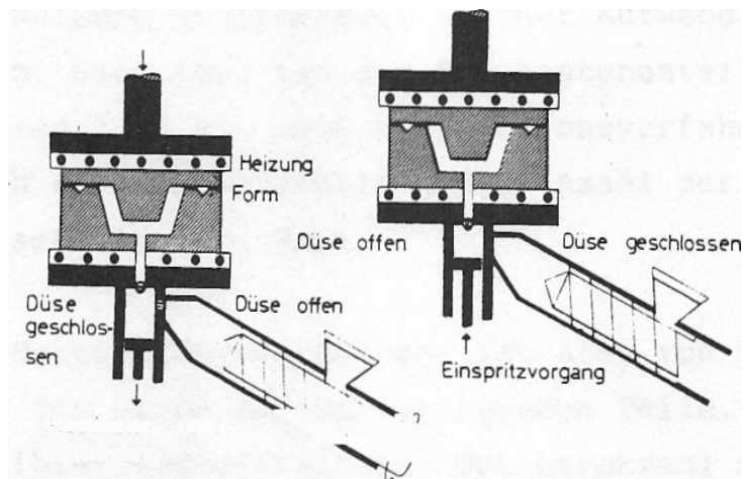


Bild 5: Schnecken-Kolben-Spritzgießverfahren

Die Maschinen für alle drei Verfahren sind gegenüber der Vulkanisationspresse in der Anschaffung deutlich teurer, bringen aber gratarme bis sogar gratfreie Fertigteile von sehr hoher Maßgenauigkeit hervor, auch bei größeren Dimensionen.

Deshalb stellt man im Spritzgießverfahren nicht nur sehr kleine Präzisionsteile her - auch Bullaugendichtungen für Waschmaschinen und Faltenbälge sind vielfach Spritzgießteile. Die in den neueren technischen Normen festgelegten geringen Maßtoleranzen und die komplizierte Formgestaltung mancher technischen Artikel sind vielfach sogar nur bei Einsatz von Spritzgießverfahren realisierbar.

Bestehen solche Einschränkungen nicht, spielt häufig die zu fertigende Stückzahl die entscheidende Rolle für die Wahl des Verfahrens, da die Kosten der Fertigungseinrichtungen, inklusive der Werkzeugkosten die Kalkulation wesentlich beeinflussen. Für das Kompressionsverfahren sind die Formen am einfachsten, hier kann bei kleineren Serien sogar auf die Vergütung des Formstahls verzichtet werden.

Die höchsten Form- und Werkzeugkosten entstehen beim Spritzgießverfahren, insbesondere durch die Verteilerkanäle zu den einzelnen Formnestern, durch die notwendige Vergütung der Stähle, durch Ausfahrssysteme und durch eine eventuelle Zusatzheizung im Werkzeug. Solcher Aufwand lohnt sich nur bei Großserien. Dann aber ist, auf das Stück Fertigteil bezogen, der Formkostenanteil in der Kalkulation häufig niedriger als beim Kompressionsverfahren, weil durch die wesentlich kürzeren Heizzeiten die Anzahl der Formnester beträchtlich gesenkt werden kann.

Die Wahl des Herstellungsverfahrens ist also von vielen Faktoren abhängig: von der Größe der zu fertigenden Teile, von ihrer Maßgenauigkeit, ihrer Formgestaltung, der in der Zeiteinheit benötigten Stückzahl und schließlich auch der Rohstoffart (nicht jeder Kautschuk oder jede Mischung lässt sich auf allen Maschinen problemlos verarbeiten).

Deshalb steht in den Fabrikhallen der Kautschukverarbeiter heute zumeist ein ganzer Maschinenpark parat, die gute alte Kompressionspresse ist noch ebenso modern und im Einsatz wie das neueste Modell einer Schnecken-Spritzgießmaschine.

Die Bilder 1 und 2 wurden entnommen: Röthemeyer / Sommer – „Kautschuk-Technologie“ (Hanser 2001)

Die Bilder 3, 4 und 5 wurden mit freundlicher Genehmigung des Hüthig-Verlages Zeitschrift „Kautschuk + Gummi, Kunststoffe“ entnommen.