

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 595/2006**  
(22) Anmeldetag: **06.04.2006**  
(43) Veröffentlicht am: **15.12.2006**

(51) Int. Cl.<sup>8</sup>: **B29C 45/77 (2006.01),  
B29C 45/78 (2006.01)**

(30) Priorität:

12.04.2005 DE 102005016618  
beansprucht.

(73) Patentanmelder:

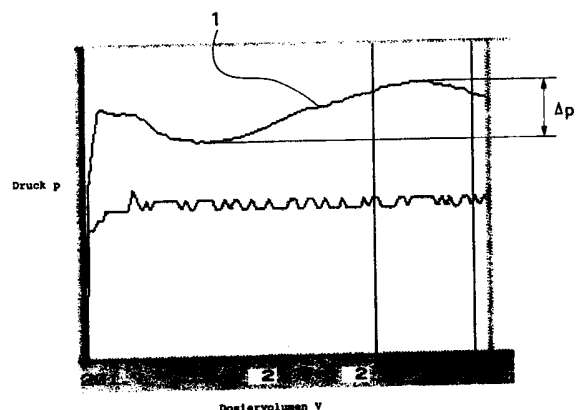
BATTENFELD GMBH  
D-58540 MEINERZHAGEN (DE)

(72) Erfinder:

GORNIK CHRISTIAN  
NEUFELD (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER SCHMELZEHOMOGENITÄT INNERHALB EINER  
SPRITZGIESSMASCHINE**

(57) Verfahren zum Bestimmen der Schmelze-  
homogenität bei Verwendung einer Spritz-  
gießmaschine, die aus mindestens einer Spritz-  
einheit mit einer Plastifizier- und Einspritz-  
schnecke und einer Maschinensteu-  
erung besteht, wobei das Verfahren folgen-  
de Schritte umfasst: a) Plastifizieren von  
Kunststoff in der Plastifizier- und Einspritz-  
schnecke, b) Verfahren der Spritzeinheit in  
eine hintere Position, c) Ausbringen des  
plastifizierten Kunststoffes aus der Plasti-  
fizier- und Einspritzschnecke, d) Aufzeich-  
nen des sich im Verfahrensschritt c) er-  
gebenden Druckverlaufes im plastifizierten  
Kunststoff, e) Ermitteln des Temperatur-  
verlaufes im plastifizierten Kunststoff an-  
hand eines mathematischen Modells, wo-  
bei der Zusammenhang zwischen Druck,  
Viskosität und Temperatur herangezogen  
wird und die ermittelten Daten in der  
Maschinensteuerung gespeichert werden.

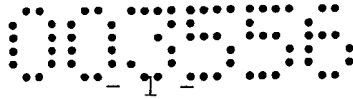




Zusammenfassung:

Verfahren zum Bestimmen der Schmelzehomogenität bei Verwendung einer Spritzgießmaschine, die aus mindestens einer Spritzeinheit mit einer Plastifizier- und Einspritzschnecke und einer Maschinensteuerung besteht, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst: a) Plastifizieren von Kunststoff in der Plastifizier- und Einspritzschnecke, b) Verfahren der Spritzeinheit in eine hintere Position, c) Ausbringen des plastifizierten Kunststoffes aus der Plastifizier- und Einspritzschnecke, d) Aufzeichnen des sich im Verfahrensschritt c) ergebenden Druckverlaufes im plastifizierten Kunststoff, e) Ermitteln des Temperaturverlaufes im plastifizierten Kunststoff anhand eines mathematischen Modells, wobei der Zusammenhang zwischen Druck, Viskosität und Temperatur herangezogen wird und die ermittelten Daten in der Maschinensteuerung gespeichert werden.

(Fig. 2)



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Schmelzehomogenität innerhalb einer Spritzgießmaschine.

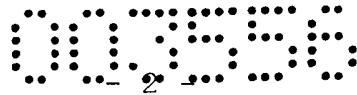
Beim Spritzgießen mit einer Spritzgießmaschine, die mindestens eine Spritzeinheit mit einer Plastifizier- und Einspritzschnecke und eine Maschinensteuerung aufweist, ist die Bereitstellung einer homogenen Schmelze im Schneckenorraum durch die Schnecke eine Voraussetzung für die Prozesskonstanz. Bei Dosierwegen über 3D (drei mal Schneckendurchmesser) kommt es bei konventionellen Schnecken zu einer inhomogenen Temperaturverteilung im Schneckenorraum, die sich bereits negativ auf die Formteilqualität auswirken kann. Fig. 1 zeigt die mittlere Temperatur sowie die Spannweite zwischen minimaler und maximaler Temperatur im Schneckenorraum bei einem Dosierweg 2D und bei einem Dosierweg 4D. Zur Bestimmung der Temperaturverteilung wurde dabei ein Thermoelement im Schneckenorraum benutzt. (Die Striche in Fig. 1 kennzeichnen die Streuung der Temperatur (maximale und minimale Temperatur) über dem Dosierweg, d.h. entlang des Dosierweges von 2D bzw. 4D gibt es eine Stelle, bei der die maximale Temperatur auftritt, und eine Stelle, bei der die minimale Temperatur auftritt. Der breite Balken gibt den Mittelwert der Temperatur an.)

Die Bestimmung der Massetemperatur durch Einstechen eines Einstichthermoelementes in den ausgespritzten Schmelzekuchen liefert nur einen gemittelten Wert für die Temperatur. Des Weiteren ist diese Methode nicht automatisierbar.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren anzubieten, mit dem auf die Temperaturhomogenität im Schneckenorraum geschlossen werden kann.

Zur Lösung der Aufgabe sieht die Erfindung ein Verfahren wie in Anspruch 1 definiert vor. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die meisten Spritzgießmaschinen sind nicht mit einem Thermoelement im Schneckenorraum ausgerüstet. Nichtsdestoweniger kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren die Temperaturhomogenität im Schneckenorraum ermittelt werden.



Im Folgenden wird das Verfahren anhand eines Beispiels beschrieben.

In der Maschinensteuerung ist eine Prozedur „Bestimmung der Schmelzeshomogenität“ auswählbar. Dabei wird nach einer Einlaufphase der Maschine unter Produktionsbedingungen (Herstellung des Gleichgewichtszustandes) unmittelbar vor dem nächsten Einspritzen die Spritzeinheit in eine hintere Position gefahren, und es wird mit geringer und konstanter Schneckengeschwindigkeit ins Freie ausgespritzt, ohne auf Nachdruck umzuschalten. Der sich dabei einstellende Druckverlauf wird aufgezeichnet. Ein Beispiel hierfür ist in Fig. 2 wiedergegeben, wo eine Kurve 1 den Druckverlauf beim Ausspritzen ins Freie zeigt. (Die darunter gezeigte Kurve, veranschaulicht den Volumenstrom  $\dot{V}$ , der über dem Volumen  $V$  - mit geringen Schwankungen - konstant ist.) Auf der x-Achse ist das Dosiervolumen  $V$  aufgetragen (aufdosierte Stellung bei  $201,7 \text{ cm}^3$ ; Schnecke in vorderer Position bei  $3,0 \text{ cm}^3$ ). Der auftretende Druckunterschied ist mit  $\Delta p$  gekennzeichnet.

Aufgrund der Zusammenhänge zwischen dem Druck  $p$  und der Viskosität  $\eta$  beim Durchströmen einer Düse

$$\Delta p \sim \eta \quad (1)$$

und zwischen der Temperatur  $T$  und der Viskosität

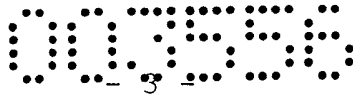
$$\eta \sim \frac{1}{T} \quad (2)$$

ist auch ein Zusammenhang zwischen dem Druck und der Temperatur gegeben:

$$\Delta p \sim \frac{1}{T} \quad (3)$$

Folgende Kennzahlen für die Schmelzeshomogenität  $K_{\text{Hom}}$  können in der Maschinensteuerung ausgegeben werden:

$$K_{\text{Hom}} = \Delta p_{\text{max}} \quad (4)$$



$$K_{Hom} = \frac{\Delta p_{max}}{\bar{p}} \quad (\text{mit } \bar{p} = \text{mittlerer Druck}) \quad (5)$$

$$K_{Hom} = \int_{V_{min}}^{V_{max}} |p(V) - \bar{p}| dV \quad (6)$$

bzw.

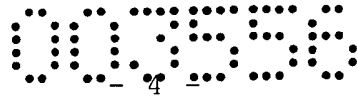
$$K_{Hom} = \frac{\int_{V_{min}}^{V_{max}} |p(V) - \bar{p}| dV}{\bar{p} \cdot \int_{V_{min}}^{V_{max}} dV} \quad (7)$$

Darin ist der mittlere Druck  $\bar{p}$  wie folgt definiert:

$$\bar{p} = \frac{\int_{V_{min}}^{V_{max}} p(V) dV}{\int_{V_{min}}^{V_{max}} dV} \quad (8)$$

Die Ausspritzgeschwindigkeit ins Freie sollte aus folgenden Gründen niedrig sein:

1. Eine Dissipationserwärmung in der Düse ist zu vermeiden. Diese Dissipationserwärmung würde nämlich das Ergebnis verfälschen, d.h. das zum Schluss ausgespritzte Material würde wärmer erscheinen als es tatsächlich ist.
2. Bei geringen Schneckengeschwindigkeiten sind der Volumenstrom und damit die sich in der Düse einstellende Schergeschwindigkeit gering. Der Zusammenhang zwischen Viskosität und Temperatur ist bei niedrigen Schergeschwindigkeiten besonders ausgeprägt, wie Fig. 3 zeigt, in der Viskositätskurven für Polystyrol PS454C bei unterschiedlichen Temperaturen (210°C, 230°C, 250°C) dargestellt sind. Temperaturdifferenzen im Schneckenorraum ergeben dadurch größere und damit besser auflösbare Druckdifferenzen.

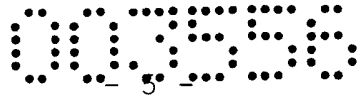


Die Auflösung der Schmelzehomogenität mittels des beschriebenen Verfahrens wird genauer, wenn die Geometrie, durch die ausgespritzt wird, an das Viskositätsniveau und an den in der Steuerung auflösbaren Druck angepasst ist. Daher ist neben dem Ausspritzen durch die Maschinendüse auch das Ausspritzen durch eine By-pass-Düse mit definierter Kapillargeometrie als Variante möglich. Die Fig. 4 und 4A zeigen ein Beispiel mit einem Zylinder 2, einem Umschaltventil 3 und der möglichen Ausgabe über die Maschinendüse 4 (Fig. 4) oder die By-Pass-Düse 5 (Fig. 4A) mit definierter Kapillargeometrie. Unter Berücksichtigung der rheologischen Verhältnisse kann damit direkt die Viskosität bzw. ein Fließindex ermittelt werden. Verändert sich das Viskositätsniveau, so kann darauf in der Maschinensteuerung direkt reagiert und der Umschaltdruck entsprechend angepasst werden, um das Formteilgewicht konstant zu halten. Der Proportionalitätsfaktor zwischen der Viskositätsänderung und der automatischen Veränderung des Umschaltdruckes wird iterativ durchgeführt.

Aus Fig. 2 kann daher herausgelesen werden, dass bei einem Dosiervolumen von ca. 100 cm<sup>3</sup> die Massetemperatur deutlich abgesunken ist, weil hier der Druck ansteigt. Durch eine zusätzliche Anwahl in der Maschinensteuerung („Vergleichmäßigung der Schmelzehomogenität“) können nun Maßnahmen getroffen werden, um die Temperatur zu vergleichmäßigen. Eine Veränderung des Staudruck- und/oder des Schneckendrehzahlprofils beeinflusst die Temperaturhomogenität.

Der Eingriff der Maschinensteuerung erfolgt nun in folgender Form:

- Nach der Stabilisierung der SchneckenVorlaufgeschwindigkeit beim Ausspritzen ins Freie wird die Druckveränderung erfasst.
- Sinkt der Druck, so werden der Staudruck und die Schneckendrehzahl in diesem Bereich reduziert. Damit wird weniger Scherung in das Material eingebracht, und die Schmelzetemperatur sinkt.
- Steigt der Druck, so werden der Staudruck und die Schneckendrehzahl in diesem Bereich erhöht. Dadurch wird mehr



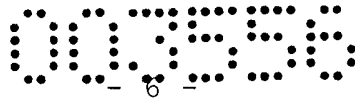
Scherung in das Material eingebracht, und die Schmelztemperatur steigt.

- Die Veränderung von Staudruck und Schneckendrehzahl erfolgt proportional zur aufgetretenen Druckdifferenz. Die jeweiligen Proportionalitätsfaktoren sind systemabhängig und iterativ bestimmbar.
- Für die in Fig. 2 dargestellte Situation ergibt sich somit ein mögliches Dosierprofil, wie es in Fig. 5 dargestellt ist, wobei der Staudruck 6 und die Umfangsgeschwindigkeit 7 über dem Dosiervolumen  $V$  aufgetragen sind.

Nach der Feststellung der Schmelzhomogenität und dem optionalen Verändern der Dosierparameter fährt die Spritzeinheit wieder nach vorne in die Dosierposition. Der nächste Dosiervorgang wird gestartet, und die Produktion läuft weiter.

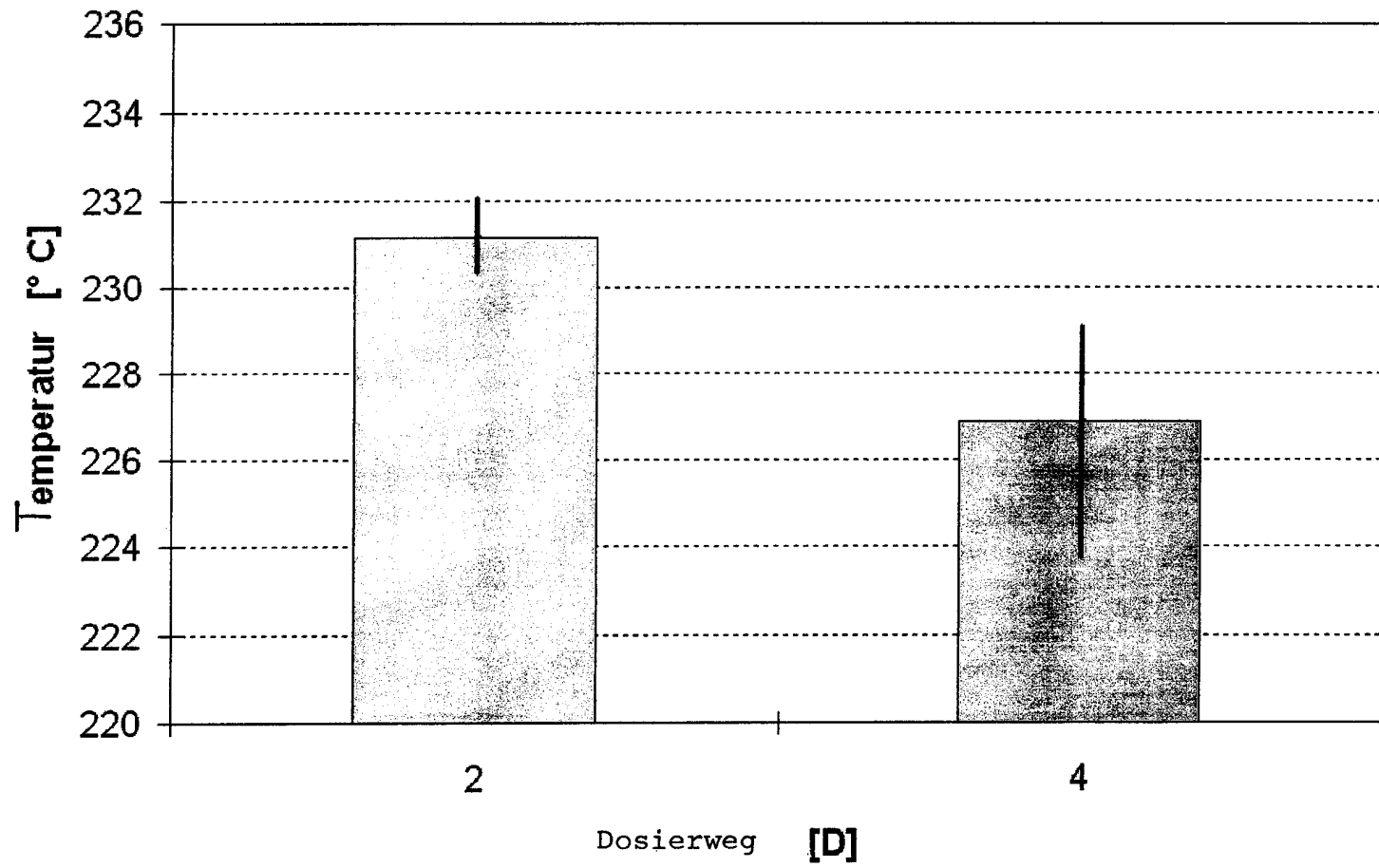
Durch eine automatisierte periodische Kontrolle der Temperaturhomogenität und der optionalen Nachstellung der Dosierparameter kann auch auf Chargenschwankungen (Viskositätsschwankungen) oder andere Störeinflüsse reagiert werden.

Das vorliegende Verfahren hat unter anderem den Vorteil, dass ein automatisierbares Erkennen und Ausregeln von Schmelztemperaturinhomogenitäten ohne Verwendung eines Massetemperaturfühlers im Schneckenorraum ermöglicht wird.



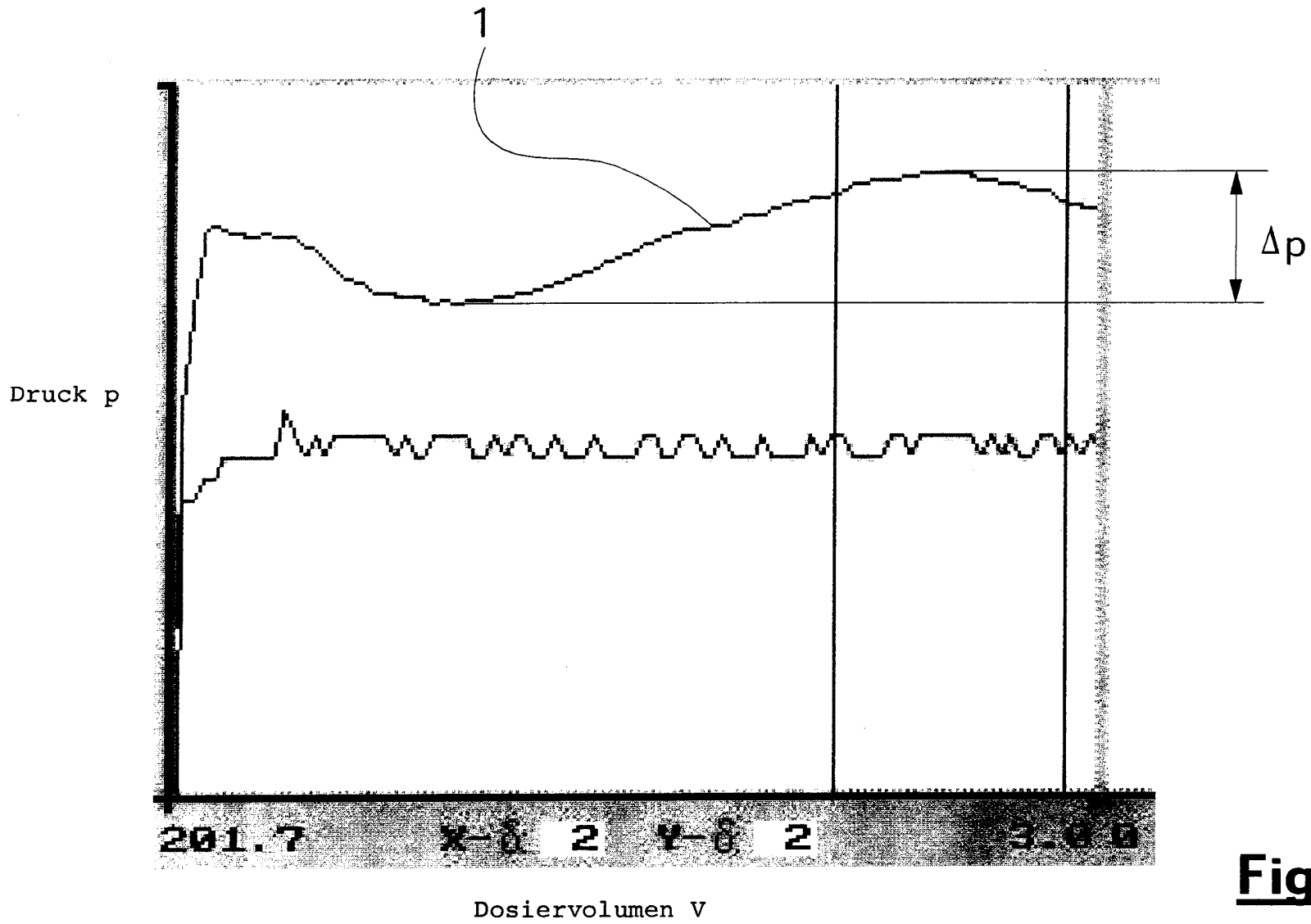
Patentansprüche:

1. Verfahren zum Bestimmen der Schmelzeshomogenität bei Verwendung einer Spritzgießmaschine, die mindestens eine Spritzeinheit mit einer Plastifizier- und Einspritzschnecke und einer Maschinensteuerung aufweist, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:
  - a) Plastifizieren von Kunststoff in der Plastifizier- und Einspritzschnecke,
  - b) Versetzen der Spritzeinheit in eine hintere Position,
  - c) Ausbringen des plastifizierten Kunststoffes aus der Plastifizier- und Einspritzschnecke,
  - d) Aufzeichnen des sich im Verfahrensschritt c) ergebenden Druckverlaufes im plastifizierten Kunststoff,
  - e) Ermitteln des Temperaturverlaufes im plastifizierten Kunststoff anhand eines mathematischen Modells, wobei der Zusammenhang zwischen Druck, Viskosität und Temperatur herangezogen wird und die ermittelten Daten in der Maschinensteuerung gespeichert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausbringen des Kunststoffes gemäß Schritt c) mit geringer und konstanter Schneckengeschwindigkeit erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausspritzen des Kunststoffes nach Schritt c) durch eine Düse mit definierter Geometrie erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass anhand der ermittelten Daten ein Einspritzprofil bestimmt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Staudruck und/oder die Schneckendrehzahl verändert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Veränderung des Staudruckes und/oder der Schneckendrehzahl proportional zur gemessenen Druckdifferenz erfolgt.



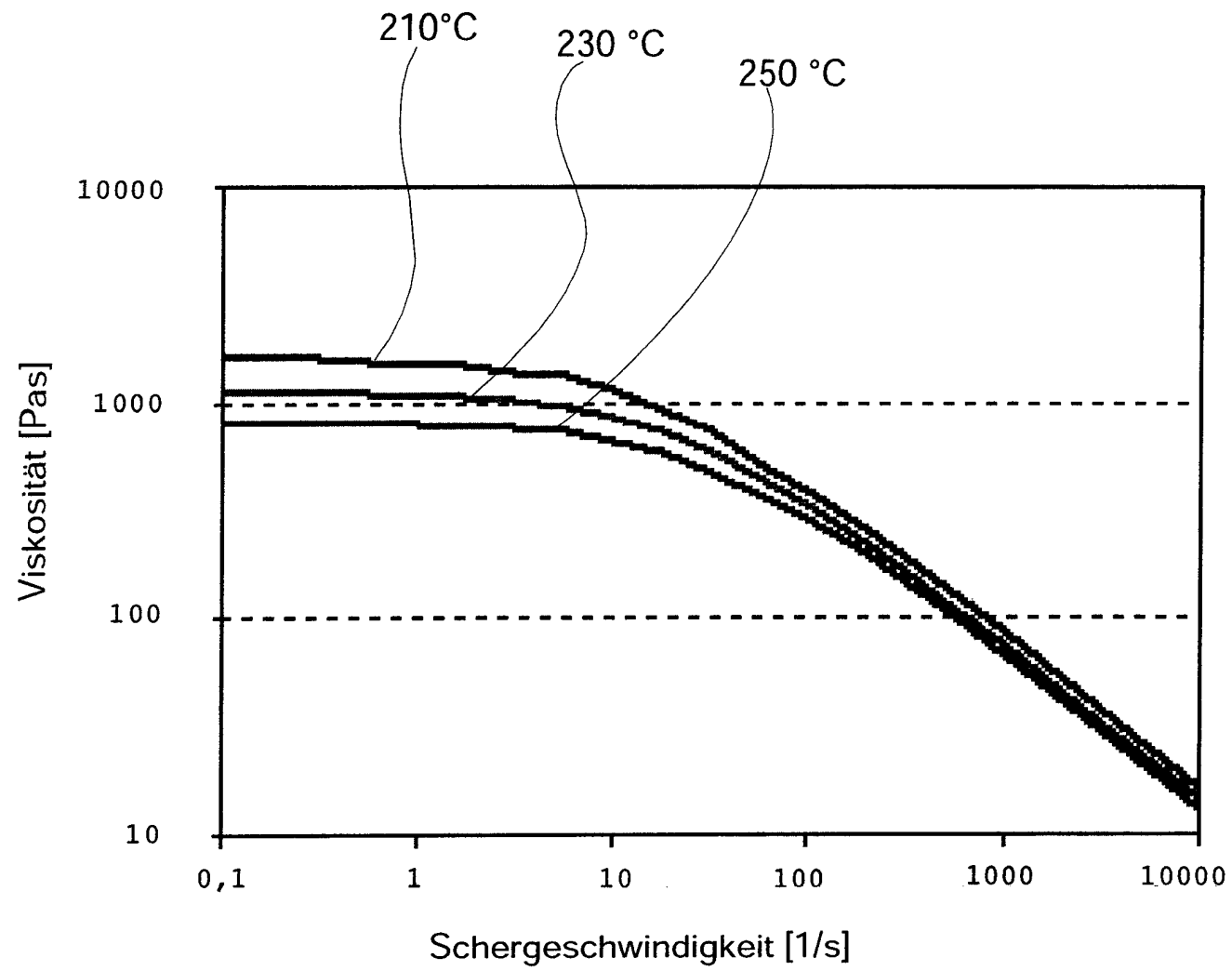
**Fig. 1**

5535

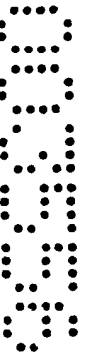


0  
0  
0  
0  
0

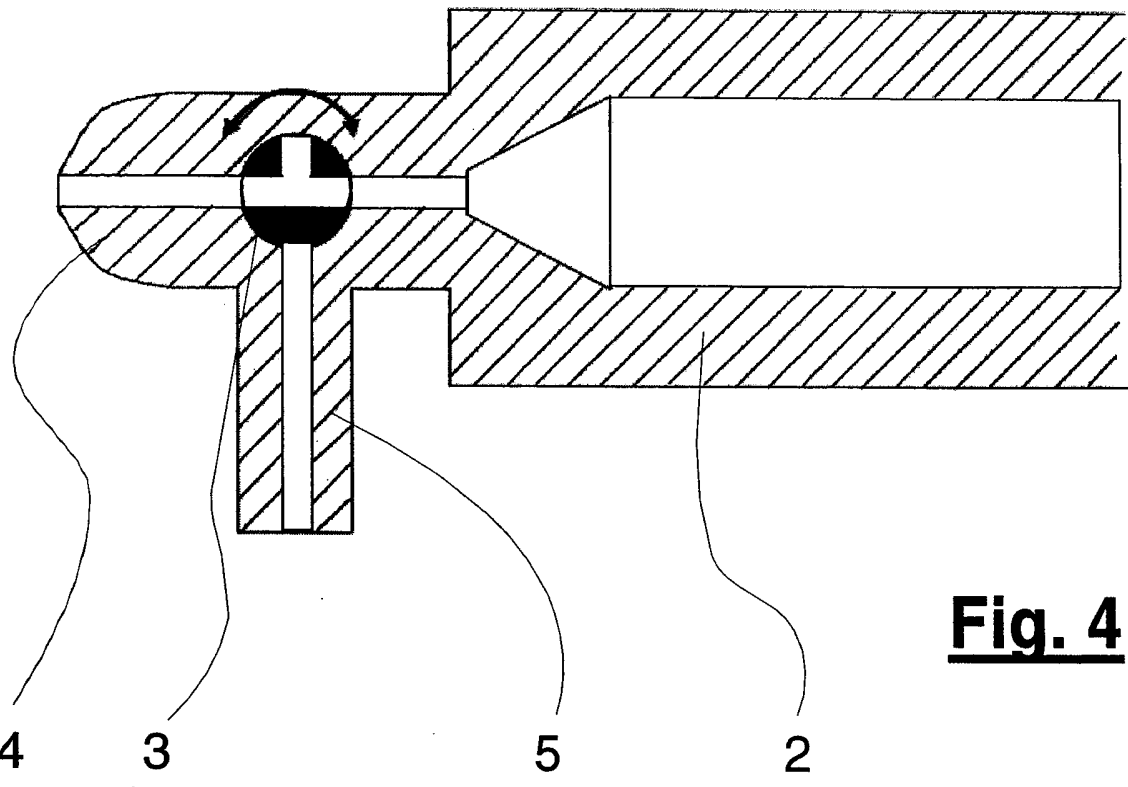
**Fig. 2**



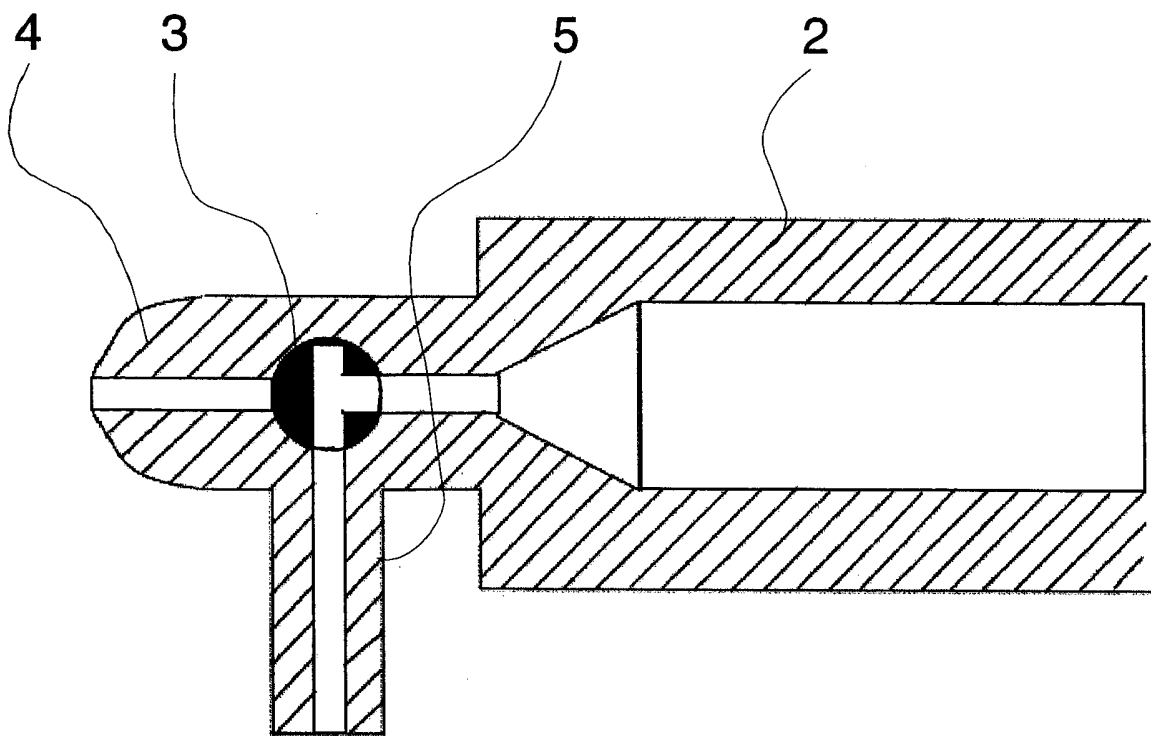
**Fig. 3**



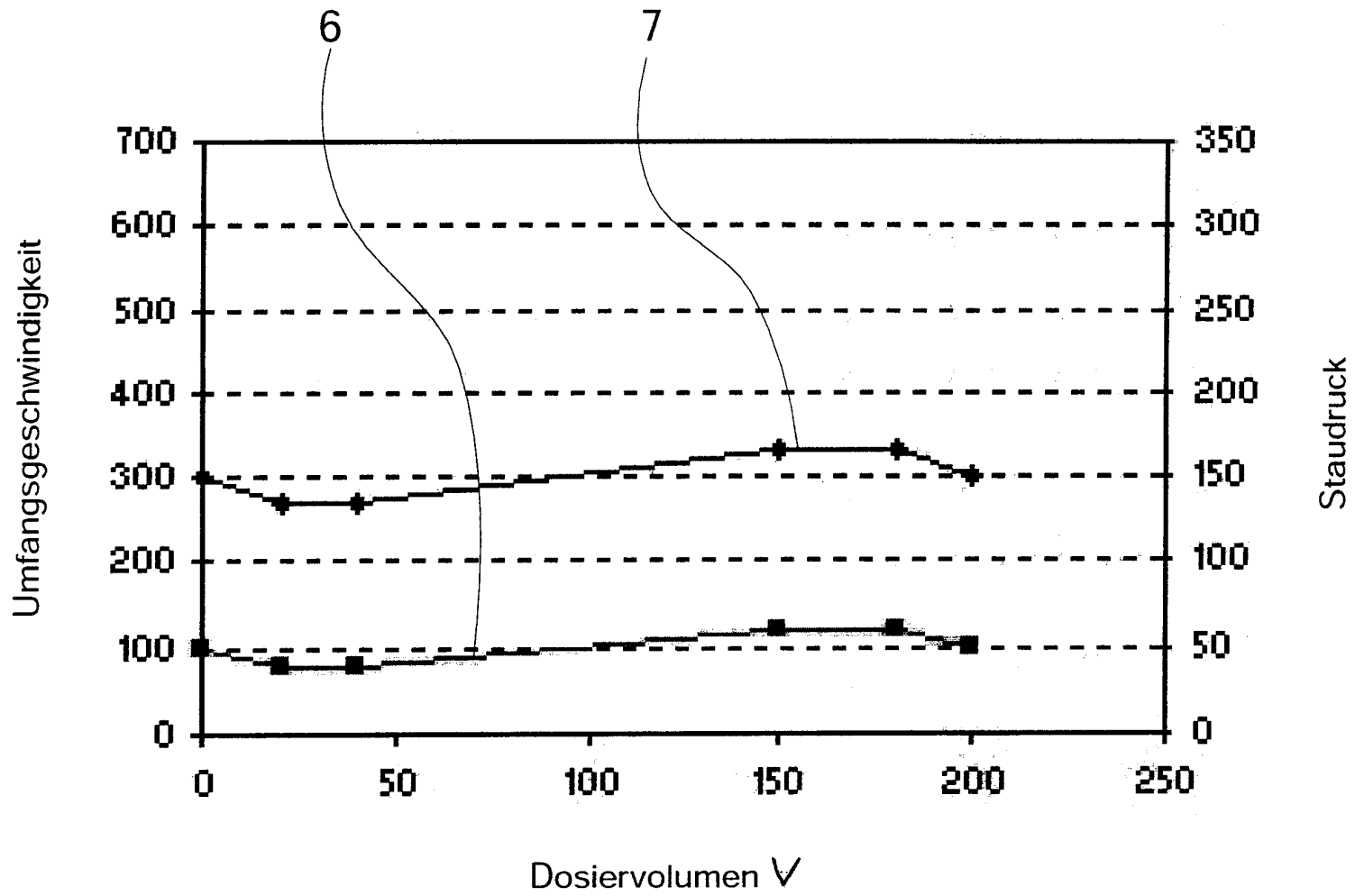
003556



**Fig. 4**



**Fig. 4a**



**Fig. 5**

