

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
30. April 2009 (30.04.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2009/052541 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

B29C 47/10 (2006.01) B29C 47/92 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2008/000385

(22) Internationales Anmeldedatum:  
22. Oktober 2008 (22.10.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
A 1707/2007 22. Oktober 2007 (22.10.2007) AT

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): EREMA ENGINEERING RECYCLING MASCHINEN UND ANLAGEN GESELLSCHAFT M.B.H. [AT/AT]; Freindorf, Unterfeldstrasse 3, A-4052 Ansfelden (AT).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FEICHTINGER, Klaus [AT/AT]; Reindlstrasse 5, A-4040 Linz (AT). WENDELIN, Gerhard [AT/AT]; Waldbothenweg 82, A-4030

Linz (AT). HACKL, Manfred [AT/AT]; Bachlbergweg 128, A-4040 Linz (AT). ECKHART, Christian [AT/AT]; Wankmüllerhofstrasse 18, A-4020 Linz (AT).

(74) Anwälte: WILDHACK, Helmut usw.; Landstrasser Hauptstrasse 50, A-1030 Wien (AT).

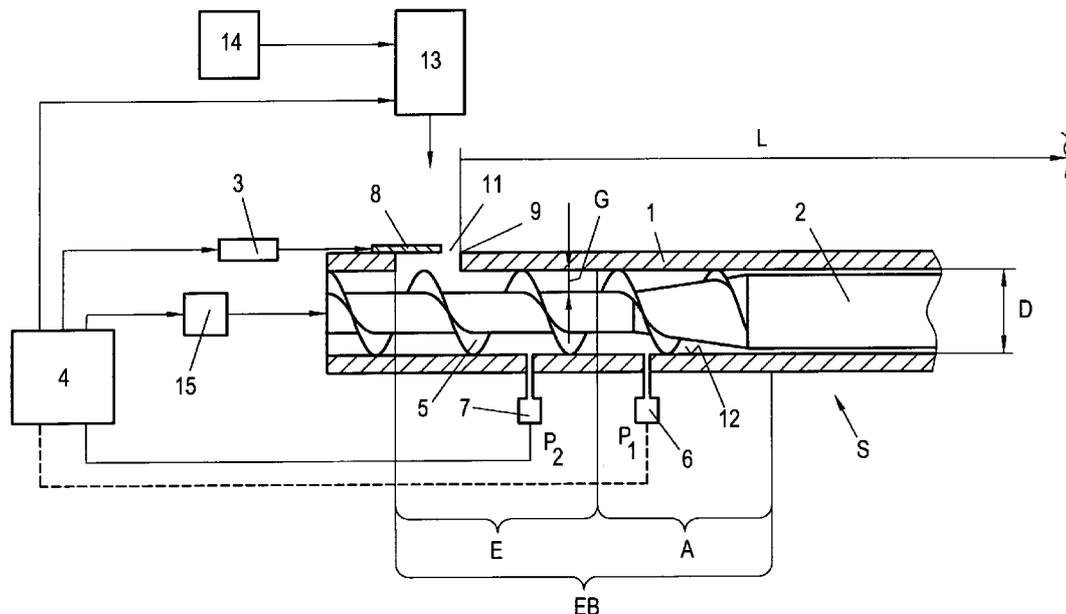
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR EXTRUDING PLASTIC MATERIAL AND EXTRUDER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR EXTRUSION VON KUNSTSTOFFMATERIAL SOWIE EXTRUDER



(57) Abstract: The invention relates to a method for extruding plastic material using a screw-type extruder (S), wherein a first pressure ( $P_1$ ) of the material to be extruded is measured in at least one location in the feed region (EB) of the at least one screw (2) and/or in the melting region (A) of the housing (1), the plastic material agglomerating and/or softening and being present in and not yet, in particular not completely, melted state and/or being present not yet homogeneously as a melt in said location or in said melting region. According to the invention, the material supply to the extruder (S) and/or the charge quantity is measured or controlled as a function of the measured first pressure ( $P_1$ ).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/052541 A2



ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Extrusion von Kunststoffmaterial mit einem Schneckenextruder (S), wobei ein erster Druck ( $P_1$ ) des zu extrudierenden Materials an zumindest einer Stelle im Einzugsbereich (EB) der zumindest einen Schnecke (2) und/oder im Aufschmelzbereich (A) des Gehäuses (1) gemessen wird, an welcher Stelle bzw. in welchem Aufschmelzbereich das Kunststoffmaterial agglomeriert und/oder erweicht und noch nicht, insbesondere noch nicht vollständig, aufgeschmolzen und/oder noch nicht homogen als Schmelze vorliegt. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass in Abhängigkeit des gemessenen ersten Druckes ( $P_1$ ) die Materialzufuhr zum Extruder (S) und/oder dessen Beschickungsmenge bemessen oder eingeregelt wird.

## Verfahren zur Extrusion von Kunststoffmaterial sowie Extruder

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 sowie einen Extruder gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 13.

5 Aus der US 4,500,481 A sind ein Verfahren bzw. ein Extruder der eingangs genannten Art bekannt. Einen derartigen Extruder ist eine Stopfschnecke vorgeordnet, die zur Erwärmung des dem Extruder zugeführten Kunststoffmaterials, nicht jedoch zur Regelung der Beschickungsmenge dient. Es erfolgt die Erwärmung von zugeführtem Kunststoffmaterial, um eine gleichmäßigere Extrusion zu erreichen, aber keine Regelung  
10 der Beschickungsmenge in Abhängigkeit eines Druckmesssignals.

Im Zuge des Regenerierens von Abfällen bzw. Produktionsabfällen aus Kunststoffmaterialien gibt es weite Bereiche innerhalb derer die Schüttdichte der Eingangsmaterialien, so wie dieser einer Beschickungsöffnung eines Extruders aufgegeben werden, stark schwanken. Zum Beispiel schwankt die Schüttdichte bei PET  
15 Flaschenmahlgut zwischen  $200 \text{ kg/m}^3$  und  $600 \text{ kg/m}^3$ ; bei PET-Folien schwankt die Schüttdichte zwischen  $20 \text{ kg/m}^3$  und  $300 \text{ kg/m}^3$ .

Auch wenn dem Extruder Schneidverdichter oder Reaktoren oder Aufbereitungseinheiten vorgeordnet sind, kann die Schüttdichte nicht in allen Fällen vergleichmäßig werden, derart, dass eine gleichförmige Beschickung der  
20 Extruderschnecke erreicht wird. Für die Auslegung einer Schnecke bzw. für den Extrusionsschritt sind die Schüttdichte bzw. der erzielte Schneckenfüllgrad eine maßgebliche Größe. Es ist zumeist nicht allzu schwierig, den Schneckenfüllungsgrad für eine gewisse Schüttdichte einzustellen und dadurch ein gutes Extrusionsergebnis zu erzielen. Es ist jedoch deutlich schwieriger, den Befüllungsgrad der Schnecke bei  
25 variabler bzw. schwankender Schüttdichte konstant zu halten und dadurch bei einer definierten Drehzahl der Schnecke bzw. einer gewünschten Dimension der Schnecke ein gutes Extrusionsergebnis wie zum Beispiel hoher gleichmäßiger Durchsatz, niedere Schmelztemperatur, gute Homogenisierleistung, stabiler Druckaufbau der Schnecke, zu erzielen.

30 Bei bestimmten Vorgangsweisen bei der Aufbereitung von Kunststoffmaterialien ist es aus wirtschaftlicher Sicht erforderlich und aus technischer Sicht realisierbar, schnelllaufende Extruder einzusetzen, die einen relativ kleinen Schneckendurchmesser besitzen können. Mit solchen Einheiten kann man trotz kleinerer Schneckendurchmesser (kleinere Extruder) hohe Massedurchsätze erzielen und dadurch eine wirtschaftlichere  
35 Extrusionsmaschine bauen. Da das aufzubereitende Material in den meisten Fällen nicht in leichtfließender Granulatform dem Extruder zugeführt werden kann, ist es auch hier sinnvoll, Vorkehrungen zu treffen, um die Materialzufuhr zu der Extruderschnecke

möglichst gleichmäßig zu halten. Gerade bei derartigen schnelllaufenden Schnecken ist es von Bedeutung, dass das zu extrudierende Kunststoffmaterial in ausreichender Menge zugeführt wird, da es bei einer ungenügend aufgefüllten Schnecke zu einer thermischen bzw. thermisch-oxidativen Überlastung des Kunststoffes kommen kann.

5            Diese Probleme werden erfindungsgemäß bei einem Verfahren der eingangs genannten Art mit den im Kennzeichen des Anspruches 1 angeführten Merkmalen gelöst.

Ein Extruder der eingangs genannten Art ist erfindungsgemäß mit den im Kennzeichen des Anspruches 10 angeführten Merkmalen charakterisiert.

10            Es zeigte sich, dass mit der erfindungsgemäßen Vorgangsweise die Schüttdichte bzw. der Füllungsgrad des Schneckengehäuses bzw. im Einzugsbereich der Extruderschnecke in einem Ausmaß konstant gehalten werden kann, dass der Befüllungsgrad der Schnecke in dem Bereich, in dem das aufzubereitende Kunststoffmaterial geschmolzen vorliegt, konstant bleibt. Der gewählte Messort des ersten Drucksignals bietet die Möglichkeit, exakte Messverhältnisse zu erreichen.

15            Es ist erfindungsgemäß möglich, die Materialzufuhr und/oder die Beschickungsmenge unabhängig voneinander einzuregeln bzw. aufeinander abzustimmen, indem die gemessenen Drucksignale entsprechend ausgewertet werden. Erfindungsgemäß können unterschiedliche Kunststoffmaterialien verarbeitet werden, ohne dass an die Art bzw. die Dimensionen der Schnecke große Anforderungen gestellt werden  
20            müssen. Damit wird es wiederum möglich, mit ein und demselben Extruder Kunststoffmaterialien unterschiedlicher Qualität und unterschiedlicher Zusammensetzung rasch und effektiv aufzuschmelzen und zu extrudieren, insbesondere wenn in Abhängigkeit des gemessenen Druckes die Drehzahl der zumindest einen Schnecke bemessen oder eingeregelt wird.

25            Die erfindungsgemäße Vorgangsweise berücksichtigt neben der Beschickungsmenge konkludent auch die Schüttdichte, das Rieserverhalten, das Fließverhalten und den Beschickungsdruck KSW des aufgegebenen Kunststoffmaterials.

Von Vorteil ist die Messung eines ersten Drucksignals entsprechend den Merkmalen des Anspruches 3. Dieses Druckmesssignal liefert exakte Werte über einen Beschickungsbedarf bzw. den Füllungsgrad der Schnecke. Es steht ausreichend Zeit zur  
30            Verfügung, um die Beschickungsmenge des Schneckengehäuses anzupassen bzw. abzuändern, um einen abfallenden oder ansteigenden Druck auszugleichen, ohne dass es zu nennenswerten Schwankungen der Temperatur bzw. des Druckes des aufgeschmolzenen Kunststoffmaterials kommt. Dieses Drucksignal kann auch dazu  
35            herangezogen werden, die Drehzahl der Schnecke einzuregeln; sofern ein Druckabfall festgestellt wird, kann die Drehzahl der Schnecke herabgefahren werden. Insbesondere durch eine Kombination der Erhöhung einer Beschickung bzw. dem Herabfahren der

Schneckendrehzahl kann die Konstanz der Extrusion des aufgeschmolzenen Kunststoffmaterials weiter verbessert werden, insbesondere wenn dieses ausreichend zerkleinert, vorverdichtet oder aufbereitet ist

Vorteilhafterweise ist vorgesehen, dass ein zweiter Druck zumindest an einer  
5 Stelle oder in einem Bereich im Gehäuse im Einzugsgebiet der Schnecke ermittelt wird, in dem die Schnecke einen gleichbleibenden Kerndurchmesser besitzt und/oder dass der zweite Druck an der Stelle oder in dem Bereich des Gehäuses gemessen wird, an der bzw. in dem das Kunststoffmaterial eine Temperatur besitzt, die seiner Vicat-Temperatur ( $T_c$ )  $\pm 15\%$   $T_c$  entspricht, wobei gegebenenfalls das zweite Druckmesssignal,  
10 gegebenenfalls nach entsprechender Gewichtung, insbesondere zur Berücksichtigung von rasch erfolgenden Änderungen in der Beschickungsmenge, mit dem ersten Druckmesssignal verknüpft wird und das erste und zweite Druckmesssignal gemeinsam zur Regelung der Beschickung des Extruders und/oder Regelung der Drehzahl der Schnecke herangezogen werden. Damit wird ein zweites Druckmesssignal erhalten, mit  
15 dem die Genauigkeit der Beschickung erhöht werden kann. Es ist dabei zweckmäßig, wenn dem Extruder zur Regeneration vorgesehenes Kunststoffmaterial, insbesondere Kunststoffabfälle, aus einem Schneidverdichter oder Reaktor oder einem Vorratsbehälter in Abhängigkeit des ersten Druckmesssignals und gegebenenfalls des zweiten Druckmesssignals mengenmäßig geregelt zugeführt wird und/oder dass dem  
20 Kunststoffmaterial vor der Extrusion Pigmente, Zuschlagsstoffe, Füllstoffe, Fasern, Weichmacher und/oder Bleichmittel zugesetzt werden. bzw. wenn die Beschickungsmenge und/oder die Drehzahl der Schnecke in Abhängigkeit des ersten und gegebenenfalls des zweiten Druckmesssignals derart eingeregelt werden, dass im Gehäuse ein konstanter Befüllungsgrad und/oder eine konstante Schüttdichte erreicht  
25 oder eingestellt werden und/oder bei Feststellung eines abnehmenden Druckes die Beschickungsmenge erhöht und/oder die Drehzahl des Extruders verringert wird. Wenn derart vorgegangen wird, besteht ein vielfältiges Anwendungsspektrum und es können Unregelmäßigkeiten in der Beschickung des Extrudergehäuses rasch erfasst und ausgeglichen werden.

30 Die Anzahl der Stellen, an denen Druckmesssignale abgefühlt bzw. abgenommen werden, ist beliebig. Sofern für den ersten oder den zweiten Druckmesswert jeweils eine Mehrzahl von Sensoren zur Verfügung steht, so könnten die von den Sensoren abgegebenen Messwerte gemittelt oder gewichtet verknüpft werden. Insbesondere auch dazu ist eine Steuereinheit zur Auswertung der Druckmesssignale vorhanden, mit der die  
35 Beschickungseinheit des Extruders und/oder die Antriebseinheit für die Extruderschnecke geregelt werden. Entsprechend sind die Merkmale gemäß dem Anspruch 8 von Vorteil.

Es ist bei der erfindungsgemäßen Vorgangweise ohne weiteres möglich, dass dem Kunststoffmaterial vor der Extrusion Pigmente, Zuschlagsstoffe, Füllstoffe, Fasern, Weichmacher und/oder Bleichmittel zugesetzt werden.

Des weiteren spielt es keine Rolle, in welcher Form das Kunststoffmaterial vorliegt.  
5 Es kann sich dabei um Kunststoffschnitzel, Kunststofffolien, Kunststoffteile, Kunststoffgranulat bzw. um bereits aufbereitetes Kunststoffmaterial handeln, das beispielsweise aus einem Schneidverdichter oder Reaktor dem Extruder aufgegeben wird.

Vorteilhaft für einen einfachen robusten und betriebssicheren Aufbau ist es, wenn dem Extruder eine Liefereinheit für Kunststoffmaterial, z.B. ein Speicher oder ein  
10 Schneidverdichter oder Reaktor, vorgeschaltet ist und dass zwischen der Liefereinheit und dem Extruder die von der Steuereinheit geregelte Beschickungseinheit angeordnet ist.

Es ist auch möglich, dass als Beschickungseinheit des Extruders eine  
15 Förderschnecke oder eine Zellradschleuse vorgesehen sind, deren Abgabemenge insbesondere durch Steuerung oder Änderung ihrer Drehzahl in Abhängigkeit des gemessenen ersten Drucks durch die Steuereinheit veränderbar ist. Die zwischen einer derartigen Liefereinheit und dem Extruder angeordnete Beschickungseinheit ist eine Einheit, mit der die Aufgabe von Kunststoffmaterial an den Extruder geregelt erfolgen kann. In welcher Weise diese Regelung vorgenommen wird, ist nicht von allzu großer  
20 Bedeutung; es ist erforderlich, dass diese Regelung gut auf die von der Steuereinheit abgegebenen Steuersignale reagiert und relativ kurzfristig die Beschickung des Schneckengehäuses erhöht oder verringert werden kann. In entsprechender Weise sollte auch der Antrieb der Schnecke auf die von der Steuereinheit abgegebenen Steuersignale rasch ansprechen. Für eine einfache exakte Regelung ist es von Vorteil, wenn bei  
25 Feststellung eines abnehmenden Druckes die Beschickungsmenge erhöht und/oder die Drehzahl des Extruders verringert wird.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert, in der schematisch ein Extruder mit entsprechenden angeschlossenen Einheiten dargestellt ist.

30 In einem Gehäuse 1 ist eine Extruderschnecke 2 rotierbar gelagert. Die Extruderschnecke 2 besitzt Schneckengänge, die mit 5 bezeichnet sind und eine entsprechende Gangtiefe G besitzen. Im Extrudergehäuse 1 ist eine Beschickungsöffnung 11 ausgebildet, durch die über eine schematisch dargestellte Beschickungseinheit 13 zu extrudierendes Kunststoffmaterial aufgeben werden kann. Der Beschickungseinheit 13  
35 wird das Kunststoffmaterial von einer Liefereinheit 14, z.B. einem Speicher, einem Schneidverdichter oder einem Reaktor zugeführt. Die Zufuhr des Kunststoffmaterials von der Liefereinheit 14 zur Beschickungseinheit 13 bzw. von der Beschickungseinheit 13 zur

Beschickungsöffnung 11 kann auf beliebige Weise erfolgen. Von Vorteil kann es sein, wenn die Materialaustragsöffnung der Beschickungseinheit 13 direkt an die Beschickungsöffnung 11 angeschlossen ist.

An der Innenwand des Gehäuses 1 sind im Einzugsbereich EB der Schnecke 2  
5 Drucksensoren 6, 7 angeordnet, mit denen Druckmesssignale  $P_1$ ,  $P_2$  aufgenommen bzw. erhalten werden, die einer Steuereinheit 4 zugeführt sind. In Abhängigkeit dieser Drucksignale können von der Steuereinheit 4 eine Antriebseinheit 15 der Schnecke 2 zur Drehzahlregelung der Schnecke 2 und/oder die Beschickungseinheit 13 zur Einstellung der durch die Beschickungsöffnung 11 aufgegebenen Kunststoffmenge angesteuert  
10 werden.

Die Anordnung der Druckmesssensoren 6, 7 erfolgt im Bereich EB bzw. an der Innenwandfläche 12 des Gehäuses 1, um den durch das von der Beschickungseinheit 13 aufgegebenen bzw. zu extrudierenden Material auf die Innenwandung 12 des Gehäuses 1 ausgeübten Druck zu messen.

15 Ein erster Druck  $P_1$  wird an zumindest einer Stelle bzw. in einem Bereich A des Gehäuses 1 gemessen, an der bzw. in dem das Kunststoffmaterial agglomeriert bzw. erweicht und noch nicht, insbesondere noch nicht vollständig, aufgeschmolzen bzw. noch nicht homogen als Schmelze vorliegt, d.h. vorteilhafterweise am Anfang des Aufschmelzbereichs A. Der erste Druck  $P_1$  wird somit in dem Bereich A des Gehäuses 1  
20 ermittelt, in dem der Kerndurchmesser D der Schnecke 2 sich zu vergrößern bzw. die Gangtiefe G der Schnecke 2 abzunehmen beginnt.

Es ist von Vorteil, wenn zumindest eine zweite Druckmeseinheit 7 an einer Stelle bzw. in einem Bereich E des Gehäuses 1 angeordnet ist, in dem die Schnecke 2 einen gleichbleibenden Kerndurchmesser D besitzt.

25 In der Praxis zeigt es sich, dass es zweckmäßig ist, wenn der zweite Druck  $P_2$  an der Stelle bzw. in dem Bereich E des Gehäuses 1 gemessen wird, an der bzw. in dem das Kunststoffmaterial eine Temperatur in dem Bereich besitzt, der durch die Vicat-Temperatur ( $T_c$ )  $\pm$  15%  $T_c$  vorgegeben ist.

Als Druckmeseinheiten werden Sensoren eingesetzt, die die auftretenden  
30 Temperaturen und allfällige Druckspitzen verkraften können, insbesondere piezoelektrische, piezorestriktive Systeme bzw. Systeme beruhend auf Dehnungsmessstreifen.

Mit dem gemessenen ersten Druckmesssignal  $P_1$  wird erkannt, ob das zugeführte  
35 Kunststoffmaterial in dem Einzugsbereich A der Schnecke 2 bereits die entsprechende Konsistenz erhalten hat, d.h. nahezu, aber noch nicht vollständig, aufgeschmolzen bzw. noch nicht vollständig homogenisiert ist. Die Feststellung des Druckes in diesem Bereich

gibt eine exakte Signalinformation über den Füllungsgrad des Einzugsbereiches EB der Schnecke 2 und der Schnecke 2 selbst. Das Signal der im Aufschmelzbereich A angeordneten Druckmesseinheit 6 wird somit als wesentliches Regelsignal für die Beschickungseinheit 13 bzw. den Antrieb 15 der Extruderschnecke 2 herangezogen.

5 Ergänzend kann das zweite Druckmesssignal  $P_2$  herangezogen werden, das im Hinblick auf die schwankende Schüttdichte bzw. einen schwankenden Befüllungsgrad zeitlich relativ rasch veränderlich ist und deshalb mit dem ersten Druckmesssignal  $P_1$  in der Steuereinheit 4 verknüpft werden kann.

10 Zweckmäßig ist es, wenn die Steuereinheit 4 einen Regler, insbesondere einen PID-Regler aufweist, welcher die Beschickungseinheit 13 bzw. den Antrieb 15 ansteuert.

Es ist für eine exakte Regelung von Vorteil, wenn insbesondere bei der Extrusion von Polyolefinen, das erste Druckmesssignal  $P_1$  in einem Bereich von  $L=(1 \text{ bis } 16)D$ , vorzugsweise  $L=(4 \text{ bis } 10)D$ , von der Stelle gemessen wird, an der die Gangtiefe  $G$  der Schnecke 2 abzunehmen beginnt, und/oder dass das zweite Druckmesssignal  $P_2$  in 15 einem Abstandsbereich von  $L=(0,1 \text{ bis } 10)D$ , insbesondere  $L=(0,5 \text{ bis } 5)D$ , vom strömungsabwärtigen Rand 9 der Beschickungsöffnung 11 gemessen wird, oder dass bei der Extrusion von teilkristallinen Materialien mit hohem Energieinhalt, z.B. Polyamiden, das erste Druckmesssignal  $P_1$  in einem Abstand oder Bereich von  $L=(1 \text{ bis } 20)D$ , insbesondere  $(5 \text{ bis } 15)D$ , vom strömungsabwärtigen Rand 9 der Beschickungsöffnung 11 20 gemessen wird.

Die Länge  $L$  wird dabei ausgehend von dem stromabwärts gelegenen Rand 9 der Beschickungsöffnung 11 gemessen. Es zeigte sich, dass die Anordnung der Druckmesseinheit 7 in diesem Bereich eine gute Vergleichmäßigung der Beschickung 25 durch den von den Gängen 5 der Schnecke geförderten eingebrachten Kunststoffmaterialien erreichen lässt, da diese Signale eine Tendenz für eine zu hohe oder eine zu niedrige Beschickung des Schneckengehäuses 1 erkennen lassen. Entsprechend erfolgt die Anordnung der Druckmesseinheit.

30 Insbesondere wird das zweite Druckmesssignal  $P_2$  für eine rechtzeitige Analyse herangezogen bzw. könnte auch Notmaßnahmen einleiten, die erforderlich werden, wenn der Befüllungsgrad im Einzugsgebiet der Schnecke 2 als nicht ausreichend angesehen wird. Das zweite Druckmesssignal  $P_2$  gibt ein rasches Signal in Hinblick auf eine ungleichmäßige Beschickung an, da mit dieser Druckmesseinheit 35 Schüttdichtenänderungen des aufgegebenen Kunststoffmaterials gut und rasch erkennbar sind.

Die Art der Beschickungseinheit 13 kann beliebig sein. Es kann vorgesehen sein, dass die Beschickungseinheit 13 eine Absperreinheit umfasst, insbesondere einen von einem Stellglied bzw. Motor verstellbaren Schieber 8 oder eine verstellbare Blende, mit der der Querschnitt der Beschickungsöffnung 11 oder eines Füllstutzens in Abhängigkeit von den der Steuereinheit 4 zugeführten Druckmesssignalen  $P_1$ ,  $P_2$  veränderbar ist, so wie dies in der Zeichnung beispielsweise dargestellt ist.

Es kann ferner vorgesehen sein, dass als Beschickungseinheit 13 des Extruders S eine Förderschnecke oder eine Zellradschleuse vorgesehen sind, deren Abgabemenge insbesondere durch Steuerung bzw. Änderung ihrer Drehzahlen durch die Steuereinheit 4 veränderbar ist.

Um eine exakte Abgabe von Kunststoffmaterial aus der Beschickungseinheit 13 zu erreichen, kann, sofern eine Regelung mit einem Schieber erfolgt, eine elektronische Wegmessung bzw. elektronische Messung der Position des Schiebers vorgenommen werden, um die Durchtrittsöffnung exakt einstellen zu können. Ähnliches gilt für die Ansteuerung von Zellradschleusen, deren Öffnen und Schließen entsprechend überwacht bzw. angesteuert werden kann.

Die gemessenen Drucksignale  $P_1$ ,  $P_2$  können nach einer entsprechenden Vorverarbeitung, z.B. Filterung, der Steuereinheit 4 zugeführt bzw. dem PID-Regler ausgegeben werden.

Es zeigte sich, dass bei Anwendung der erfindungsgemäßen Vorgangsweise die Beschickung bzw. der Durchsatz an Kunststoffmaterial bzw. dessen Extrusion durch einen herkömmlichen Extruder gegenüber den bisherigen Durchsätzen erhöht werden konnte, da die Beschickung der Schnecke gleichmäßiger bzw. immer mit einem ausreichend hohen Beschickungsgrad erfolgen konnte. Dadurch konnten die Drehzahlen der Schnecken erhöht werden und der Durchsatz des Extruders gesteigert werden. Insbesondere eignet sich diese Vorgangsweise gut für die Aufbereitung von relativ sauberen Kunststoffmaterialien, die in Form von Flakes angeliefert werden.

Prinzipiell ist es möglich, das erfindungsgemäße Verfahren auch bei Extrudern mit mehreren Schnecken bzw. Doppelschneckenextrudern einzusetzen.

## Patentansprüche:

1. Verfahren zur Extrusion von Kunststoffmaterial mit einem Schneckenextruder (S), wobei ein erster Druck ( $P_1$ ) des zu extrudierenden Materials an zumindest einer Stelle im Einzugsbereich (EB) der zumindest einen Schnecke (2) und/oder im Aufschmelzbereich (A) des Gehäuses (1) gemessen wird, an welcher Stelle oder in welchem Aufschmelzbereich das Kunststoffmaterial agglomeriert und/oder erweicht und noch nicht oder noch nicht vollständig aufgeschmolzen und/oder noch nicht homogen als Schmelze vorliegt, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit des gemessenen ersten Druckes ( $P_1$ ) die Materialzufuhr zum Extruder (S) und/oder dessen Beschickungsmenge bemessen oder eingeregelt wird.  
5
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit des gemessenen ersten Druckes ( $P_1$ ) die Drehzahl der zumindest einen Schnecke (2) bemessen oder eingeregelt wird.  
15
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Druck ( $P_1$ ) in einem Bereich (A) des Gehäuses (1) ermittelt wird, in dem der Kerndurchmesser (D) der Schnecke (2) sich zu vergrößern und/oder die Gangtiefe (G) der Schnecke (2) abzunehmen beginnt.  
20
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Druck ( $P_2$ ) zumindest an einer Stelle oder in einem Bereich im Gehäuse (1) im Einzugsgebiet (E) der Schnecke (2) ermittelt wird, in dem die Schnecke (2) einen gleichbleibenden Kerndurchmesser (D) besitzt und/oder dass der zweite Druck ( $P_2$ ) an der Stelle oder in dem Bereich (E) des Gehäuses (1) gemessen wird, an der bzw. in dem das Kunststoffmaterial eine Temperatur besitzt, die seiner Vicat-Temperatur ( $T_c$ )  $\pm 15\%$   $T_c$  entspricht, wobei gegebenenfalls das zweite Druckmesssignal ( $P_2$ ), gegebenenfalls nach entsprechender Gewichtung, insbesondere zur Berücksichtigung von rasch erfolgenden Änderungen in der Beschickungsmenge, mit dem ersten Druckmesssignal ( $P_1$ ) verknüpft wird und das erste und zweite Druckmesssignal gemeinsam zur Regelung der Beschickung des Extruders (S) und/oder Regelung der Drehzahl der Schnecke (2) herangezogen werden.  
25  
30
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der vom zu extrudierenden Material auf die Innenwandung des Gehäuses (1) ausgeübte  
35

Druck ( $P_1$ ,  $P_2$ ) gemessen wird, wobei die Messung des Drucks ( $P_1$ ,  $P_2$ ) im Nahbereich der oder an der Gehäuseinnenwandfläche (12) erfolgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass dem Extruder (S) zur Regeneration vorgesehenes Kunststoffmaterial, insbesondere Kunststoffabfälle, aus einem Schneidverdichter oder Reaktor (R) oder einem Vorratsbehälter in Abhängigkeit des ersten Druckmesssignals ( $P_1$ ) und gegebenenfalls des zweiten Druckmesssignals ( $P_2$ ) mengenmäßig geregelt zugeführt wird und/oder dass dem Kunststoffmaterial vor der Extrusion Pigmente, Zuschlagsstoffe, Füllstoffe, Fasern, Weichmacher und/oder Bleichmittel zugesetzt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschickungsmenge und/oder die Drehzahl der Schnecke (2) in Abhängigkeit des ersten und gegebenenfalls des zweiten Druckmesssignals ( $P_1$ ,  $P_2$ ) derart eingeregelt werden, dass im Gehäuse (1) ein konstanter Befüllungsgrad und/oder eine konstante Schüttdichte erreicht oder eingestellt werden und/oder bei Feststellung eines abnehmenden Druckes ( $P_1$ ,  $P_2$ ) die Beschickungsmenge erhöht und/oder die Drehzahl des Extruders (S) verringert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Druckmesssignal ( $P_1$ ), gegebenenfalls über einen Regler, einer Steuereinheit (4) zugeführt wird, mit der eine Beschickungseinheit (13) oder ein regelndes Stellglied oder ein Stellmotor (3) gesteuert werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass, insbesondere bei der Extrusion von Polyolefinen, das erste Druckmesssignal ( $P_1$ ) in einem Bereich von  $L=(1 \text{ bis } 16)D$ , vorzugsweise  $L=(4 \text{ bis } 10)D$ , von der Stelle gemessen wird, an der die Gangtiefe (G) der Schnecke (2) abzunehmen beginnt, und/oder dass das zweite Druckmesssignal ( $P_2$ ) in einem Abstandsbereich von  $L=(0,1 \text{ bis } 10)D$ , insbesondere  $L=(0,5 \text{ bis } 5)D$ , vom strömungsabwärtigen Rand (9) der Beschickungsöffnung (11) gemessen wird, oder dass bei der Extrusion von teilkristallinen Materialien mit hohem Energieinhalt, z.B. Polyamiden, das erste Druckmesssignal ( $P_1$ ) in einem Abstand oder Bereich von  $L=(1 \text{ bis } 20)D$ , insbesondere  $(5 \text{ bis } 15)D$ , vom strömungsabwärtigen Rand (9) der Beschickungsöffnung (11) gemessen wird.

35

10. Extruder für Kunststoffmaterial mit zumindest einer in einem Gehäuse (1) rotierenden Schnecke (2) mit einer, insbesondere von oben oder seitlich in das Gehäuse

einmündenden, Beschickungsöffnung (11) zur Materialaufgabe, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei im Einzugsbereich (EB) der Schnecke (2) zumindest eine Druckmesseinheit (6, 7) zur Ermittlung eines vom aufgegebenen Material im Gehäuse (1) ausgeübten ersten Druckes (P<sub>1</sub>) angeordnet ist, wobei die erste Druckmesseinheit (6) an einer Stelle oder in einem Bereich (A) des Gehäuses (1) angeordnet ist, an der oder in dem das Kunststoffmaterial agglomeriert und/oder erweicht und noch nicht, insbesondere noch nicht vollständig, aufgeschmolzen und/oder noch nicht homogen als Schmelze vorliegt und wobei die Druckmesssignale einer Steuereinheit (4) zugeführt sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (4) in Abhängigkeit der Druckmesssignale (P<sub>1</sub>) eine Beschickungseinheit (13) des Extruders bzw. die Beschickungsmenge der Schnecke (2) einregelt.

11. Extruder nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Druckmesseinheit (6) in einem Bereich (A) der Schnecke (2) angeordnet ist, in dem der Kerndurchmesser (D) der Schnecke (2) sich zu erweitern und/oder die Gangtiefe (G) der Schnecke (2) abzunehmen beginnt.

12. Extruder nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine zweite Druckmesseinheit (7) an einer Stelle oder in einem Bereich (E) des Gehäuses (1) strömungsabwärts der Beschickungsöffnung (11) angeordnet ist, in dem die Schnecke (2) einen gleichbleibenden Kerndurchmesser (D) besitzt und/oder an welcher Stelle oder in welchem Bereich das Kunststoffmaterial eine Temperatur aufweist, die seiner Vicat-Temperatur (T<sub>C</sub>) ± 15% T<sub>C</sub> entspricht.

13. Extruder nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckmesseinheit(en) (6, 7) im Bereich der oder an der Innenwandfläche (12) des Gehäuses (1) angeordnet ist (sind) und/oder dass die jeweiligen Druckmesseinrichtungen (6, 7) an eine Steuereinheit (4) angeschlossen sind, mit der eine vorgesehene Beschickungseinheit (13) des Extruders (S) und gegebenenfalls eine vorgesehene Antriebseinheit (15) der Schnecke (2) einregelbar sind und/oder dass die Druckmesssignale (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>) der Druckmesseinrichtungen (6, 7) einer Steuereinheit (4) zugeführt sind, die an die Antriebseinheit (15) oder den Motor der Extruderschnecke (2) angeschlossen ist und die Drehzahl der Antriebseinheit (15) oder des Motors regelt.

14. Extruder nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass, insbesondere für die Extrusion von teilkristallinen Materialien mit hohem Energieinhalt z.B. Polyamiden, die erste Druckmesseinheit (6) in einem Abstandsbereich von L=(1 bis 20)D,

insbesondere  $L=(5 \text{ bis } 15)D$ , vom strömungsabwärts liegenden Rand (9) der Beschickungsöffnung (11) angeordnet ist oder dass insbesondere für die Extrusion von Polyolefinen, die erste Druckmesseinheit (6) in einem Abstandsbereich von  $L=(1 \text{ bis } 16)D$ , insbesondere  $L=(4 \text{ bis } 10)D$ , vom strömungsabwärts liegenden Rand der Beschickungsöffnung (11) angeordnet ist und/oder dass die zweite Druckmesseinheit (7) in einem Abstandsbereich  $L=(0,1 \text{ bis } 10)D$ , insbesondere  $L=(0,5 \text{ bis } 5)D$ , vom strömungsabwärts liegenden Rand (9) der Beschickungsöffnung (11) angeordnet ist.

15. Extruder nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass dem Extruder (S) eine Liefereinheit (14) für Kunststoffmaterial, z.B. ein Speicher oder ein Schneidverdichter oder Reaktor, vorgeschaltet ist und dass zwischen der Liefereinheit (14) und dem Extruder (S) die von der Steuereinheit (4) geregelte Beschickungseinheit (13) angeordnet ist und/oder die Beschickungseinheit (13) eine Absperreinheit umfasst, insbesondere einen von einem Stellglied oder Motor (3) verstellbaren Schieber (8) oder verstellbare Blende, mit der der Querschnitt der Beschickungsöffnung (11) oder eines Füllstutzens in Abhängigkeit von den der Steuereinheit (4) zugeführten Druckmesssignalen veränderbar ist und/oder dass als Beschickungseinheit (13) des Extruders (S) eine Förderschnecke oder eine Zellradschleuse vorgesehen sind, deren Abgabemenge insbesondere durch Steuerung oder Änderung ihrer Drehzahl durch die Steuereinheit (4) veränderbar ist und/oder dass eine Materialaustragsleitung der Beschickungseinheit (13) direkt an die Beschickungsöffnung (11) des Gehäuses (1) der Schnecke (2) angeschlossen ist.

25

30

