

Qualitäts- und Leistungssteigerung mit Barrierschnecken

Überarbeiteter Sonderdruck aus
EXTRUSION 12/2002
VM Verlag, Köln



Qualitäts- und Leistungssteigerung mit Barrierschnecken

Gerade in Zeiten knapper Investitionsmittel hat die Beurteilung vorhandener Produktionseinrichtungen im Blick auf Verbesserungen besondere Bedeutung. Leistungs- und Qualitätssteigerungen sind bei Extrusionsanlagen besonders effektiv durch Optimierungen an den Extrudern und den Extrusionswerkzeugen zu erreichen. In dieser Zeitschrift ist mehrfach über die generellen Möglichkeiten berichtet worden, die sich durch den Einsatz von Barrierschnecken mit speziellen Homogenisierzonen in Einschneckenmaschinen bieten [1-3]. Über neuere Entwicklungen wurde 2001 auf einer Fachtagung beim SKZ-Würzburg berichtet [4]. Der jetzige Beitrag trägt den aktuellen Stand kurz zusammen und gibt Fallbeispiele aus der Praxis.

P. Fischer, R. Michels – ETA Kunststofftechnologie GmbH, Troisdorf

Barriere-Misch-Schnecken

Barrierschnecken finden sich heute im Sortiment aller bedeutenden Maschinenhersteller und werden darüber hinaus von mehreren Spezialfirmen angeboten. Durch unterschiedliche Auslegungsstrategien und Fertigungserfordernisse haben sich charakteristische Unterschiede herausgebildet. Obwohl dieser Schneckenentyp heute zum Stand der Technik gehört, ist ‚Barrierschnecke‘ nicht gleich ‚Barrierschnecke‘.

Auch heute noch gilt, dass die Barrierschnecke als *Uni-*

versalschnecke eine besonders große Verarbeitungsbreite bezüglich Polymeren und Durchsatz hat. Andererseits bietet sie eine wesentlich größere Zahl geometrischer Freiheitsgrade als andere Schnecken und dadurch Ansatzpunkte für die gezielte Abstimmung auf den Anwendungsfall. Das Optimum des Verarbeitungsfensters kann so mit der jeweiligen Aufgabenstellung in Übereinstimmung gebracht werden.

Zur Unterstützung der Auslegung und der Konstruktion

werden häufig Simulationsprogramme auf der Basis von physikalisch-mathematischen Berechnungsmodellen angewandt, z.B. REX [5].

Barrierschnecken müssen, wie andere Schnecken auch, nach der Aufschmelzzone mit Elementen zur Schmelzehomogenisierung (dispersive und distributive Mischer) ausgerüstet werden. In der Praxis hat sich die Kombination eines sogenannten Maddock-Mischers oder mehrstufigen Wendelscherteils mit nachgeschaltetem Rautenmischer bewährt (**Bild 1**).



Bild 1:
Homogenisierzone
einer Barriere-Misch-
Schnecke

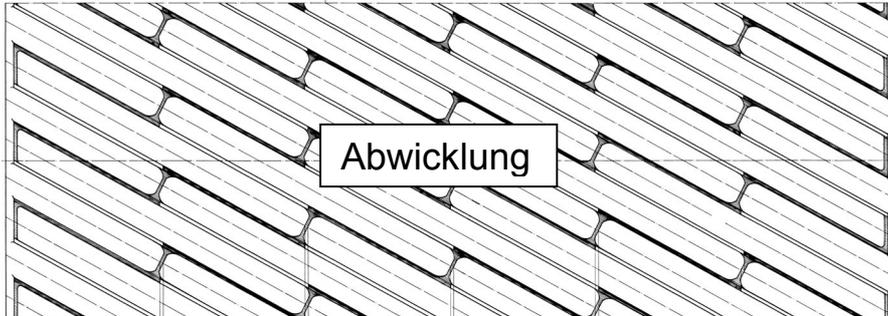


Bild 2: Wendelscherteile in Mehrfach-Anordnung

Die druckneutral dimensionierten und mehrfach gewendelten Scherelemente enthalten – wie die Barrieregrundschnecke – mehrere Freiheitsgrade zur gezielten Auslegung für die spezielle Aufgabe. Diese kann ganz allgemein lauten „Einwandfreie Homogenisierung auf niedrigem Schmelzetemperaturniveau“, sie kann aber auch – beispielsweise bei der Regeneratverarbeitung – sein „Zerstörung von Kleinkomponenten in Mehrstoffsystemen und deren gleichmäßige Verteilung in der Matrix“ oder in Beschichtungsmaschinen „Erzeugung einer hohen und gleichmäßigen Schmelzetemperatur“. In den in **Bild 2** gezeigten Mischern bilden sich in mehreren Stufen Scher- und Dehnströmungen sowie Schmelzeaufteilungen und –zusammenführungen aus, welche zu einem optimalen Mischergebnis führen.

Auch für die Scherelemente und Mischteile bestehen Simulationsmöglichkeiten, meist auf der Basis von 3D-Finite-Elemente-Programmen

(FEM) [6] oder der ‚Boundary Element Methode‘ (BEM) [7]. Einfachere Modelle, wie in REX implementiert, erlauben zumindest Aussagen zu Druckverlusten und Schmelzetemperaturveränderungen.

Genuteter Einzug und genuteter Plastifizierzylinder

Die Entwicklung der Schnecken zielte in den letzten Jahren auch auf die Vermeidung von Verschleiß. Die entwickelten Lösungen führten zu einer

Reduzierung des Kühlbedarfs in den Nutbuchsen. Zugleich ermöglicht das geringe Druckniveau im Einzugsbereich ein Anfahren der Maschine aus vollem Trichter ohne Drehmomentüberlastung.

In vielen Fällen, insbesondere bei technischen Thermoplasten, kann auf eine Kühlung des genuteten Einzugsbereichs verzichtet und fallweise sogar dort geheizt werden. Diese Fahrweise ist energetisch günstig und senkt Drehmoment und Antriebsleistung.

Die konsequente Umsetzung der wärmetechnischen Anforderungen führte zu einer mit Luft kühlbaren und elektrisch beheizbaren Nutbuchse bzw. zu einem Nutbuchsensegment, welches wärmegetrennt zwischen das Einfüllteil und den eigentlichen Zylinder positioniert wird (s. **Bild 3 und Bild 4**).

Solche Systeme, deren Vorzüge auf der Hand liegen, haben sich im Durchmesserbereich von 25 mm bis 90 mm bestens bewährt [4]. Der Anwendung für größere Maschinen steht nichts entgegen.

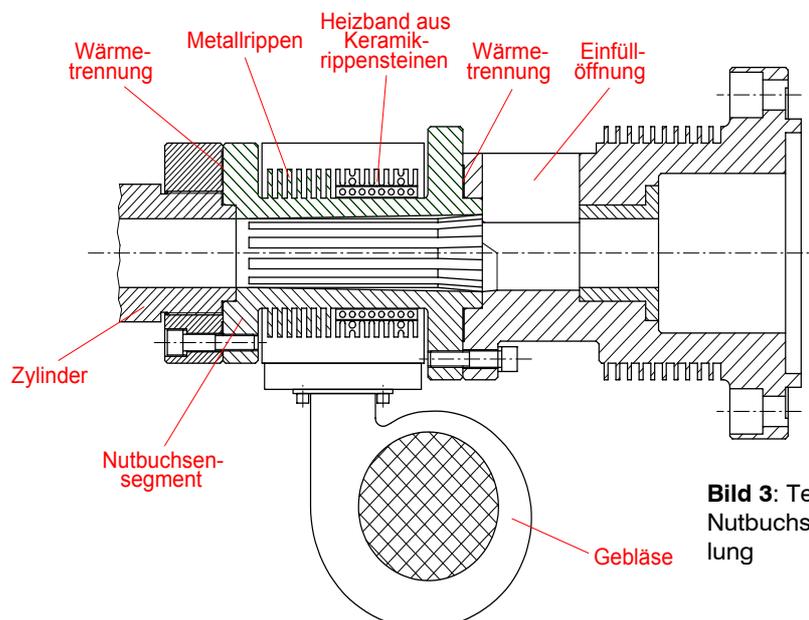


Bild 3: Temperierbare Nutbuchse mit Luftkühlung

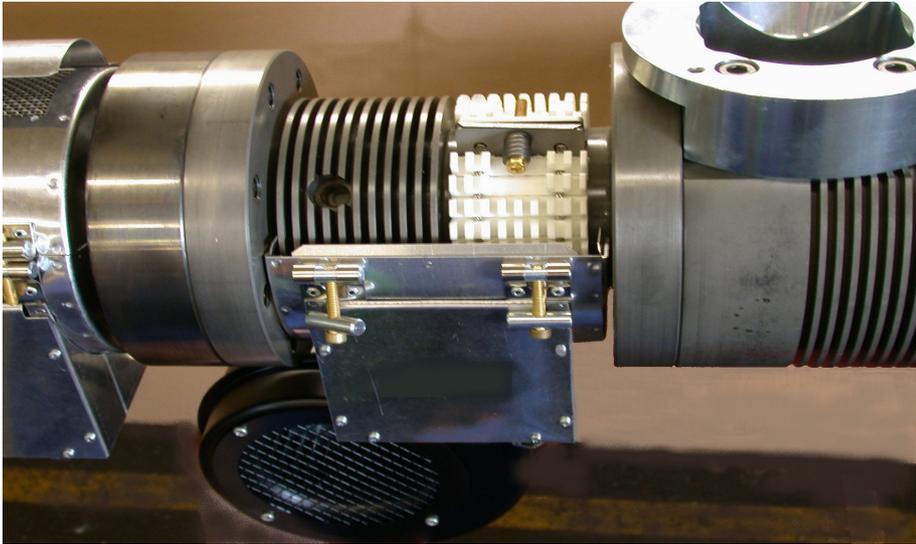


Bild 4: Nutbuchse mit Heiz-/Kühl-Kombination

Mit dem Ziel weiterer Leistungssteigerung wurde bei einem neueren Extruderkonzept der Zylinder nicht nur im Einzugsbereich sondern auch im Aufschmelzbereich mit Nuten versehen [8]. Die weitere Entwicklung dieses Systems bleibt abzuwarten.

Optimierung von Produktionsextrudern

In vielen Fällen genügt zur Leistungs- und Qualitätssteigerung schon der Austausch der Schnecke. Eine weitergehende Möglichkeit besteht im Einbau einer vollständigen Plastifiziereinheit (Schnecke + Zylinder). In den meisten Maschinen sind ungenutzte Antriebsreserven vorhanden, die für eine entsprechende Leistungssteigerung genutzt werden können. Eine neue Plastifiziereinheit kann aus einer alten Maschine eine moderne machen mit einem Leistungsvermögen nach neuestem Stand der Technik.

Bild 5: Betriebsdaten eines Nutbuchsenextruders Ø 150-20D beim Verarbeiten von hochmolekularem PE-HD

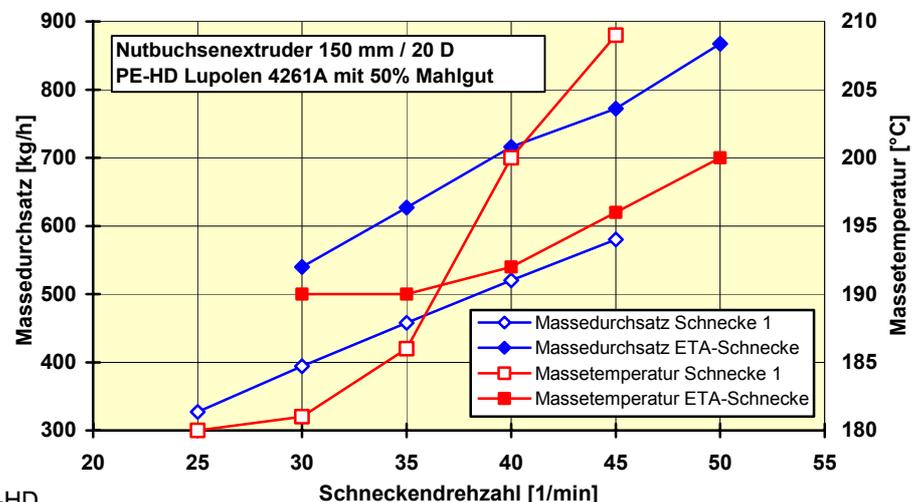
Einige Praxisbeispiele sollen das Spektrum der Möglichkeiten verdeutlichen. Bei der Nachrüstung eines vorhandenen Extruders mit einer Schnecke muss man sich an vorgegebene Bedingungen anpassen, d.h. in erster Linie an die Zylinderlänge und die Antriebs-einheit. Ein typischer Bereich, in dem „kurze“ Maschinen zu optimieren sind, ist der Blasformsektor.

Die Produktion von Kunststoff-Kraftstoffbehältern (KKB) ist ein eindrucksvolles Beispiel für die direkte Wiederverarbeitung von Produktionsabfällen.

Abhängig von der Tankform und von anderen Randbedingungen fallen an der Produktionsmaschine zwischen 40 und 60 % Butzenabfall an, d.h. Material, welches oben und unten am Schlauch und an den umlaufenden Quetschkanten der Blasform abgetrennt wird. Dieses Material wird direkt an der Anlage gemahlen und unmittelbar zurückgespeist.

Bei der Herstellung einlagiger Tanks wird das Rücklaufmaterial als eine zweite Hauptkomponente in den Einfülltrichter des Extruders dosiert. Die Zugabe des Mahlgutes erhöht in vielen Fällen (besonders bei grießförmigem Grundmaterial) die Förderraten (Durchsatz pro Schneckenumdrehung) und die erreichten Gesamtdurchsätze. Die Schnecke muss eine höhere Homogenisierleistung erbringen.

In **Bild 5** sind die wesentlichen Betriebsdaten eines Nutbuchsenextruders Ø 150-20D beim Verarbeiten von hochmolekularem PE-HD enthalten. Als Standardschnecke wurde die „klassische“ Blasformschnecke (mit geringer Gangtiefe, ohne Kompression, 2-gängig im Einzug, mit



Glattrohretruder 90 mm / 24 D PE-HD Hostalen GF 7740 F2 + 10 % Folienschnitzel (Fluff)	
Standardschnecke 120 kg/h bei 80 1/min Schmelzetemperatur 260-280°C Druckschwankungen Dickenschwankungen Stippen Farbschlieren	ETA-Schnecke 160 kg/h bei 48 1/min Schmelzetemperatur < 230°C Geringere Druckschwankungen Geringere Dickenschwankungen Stippenfrei Gute Einmischung von Farb-Masterbatch

Bild 6: Betriebspunkte eines Folienextruders Ø 90-24D ohne und mit Barriere-Misch-Schnecke

Maddock-Scherteil und Rau-tenmischer) verwandt. Ersetzt wurde diese durch eine Barriere-Misch-Schnecke der vorbeschriebenen Bauart. Die Produktionsleistung wurde durch Erhöhung der Plastifizierkapazität und Verbesserung der Homogenisierleistung und bei Einhaltung der Massetemperaturgrenzen um rund 30% gesteigert.

Das nächste Beispiel betrifft einen häufig in Produktionsbetrieben anzutreffenden Fall: Durch Verlagerung von Maschinen innerhalb eines Werkes, durch Kauf einer Gebrauchtmaschine oder aus anderen Gründen werden Extruder eingesetzt, die für diese Produktion wenig oder gar nicht geeignet sind. Bei dem in **Bild 6** dokumentierten Folienextruder konnte durch den Austausch der Schnecke das Leistungs- und Homogenitätsniveau deutlich angehoben werden, wenn auch nicht auf die Höhe eines modernen Nutbuchsenextruders mit Barriere-Misch-Schnecke. Aus Kostengründen blieb der Zylinder mit einer „Einzugshilfe“ in Form von auslaufenden Rillennuten in der Maschine.

Gleichartige Verbesserungen – nicht immer ganz so spektakulär wie diese beiden Beispiele, aber immer so, dass

sich der Aufwand in kurzer Zeit zurückzahlte – wurden in allen Bereichen der Extrusion (Folien, Platten, Rohre, Profile, Ummantelungen usw.) erreicht, auch bei vermeintlich schon oder noch „modernen“ Maschinen.

Ein weites Feld für die Umrüstung auf eine höhere Technik bietet sich dort, wo (noch) Glattrohretruder eingesetzt werden: Verarbeitung von technischen Kunststoffen mit höheren Schmelzpunkten wie PA, PC, PET, PBT, PVDF u.a..

Bei technischen Kunststoffen wird der Einsatz eines Nutbuchsen-systems immer noch kontrovers diskutiert. Das be-

ruht auf schlechten Erfahrungen mit Schneckenausführungen, die einen zu hohen Druckaufbau am Ende der Nutbuchse aufweisen, wodurch erhebliche Verschleißprobleme auftreten können und hohe Drehmomente beim Anfahren aus vollem Trichter benötigt werden. Diese Effekte sind besonders schädigend bei harten Granulaten und sehr hohen Reibwerten, die einige technische Kunststoffe besitzen. Die Lösung besteht in einer Druckentlastung der Nutbuchse durch hohe Förderleistung in den nachfolgenden Schnecken-zonen, was sich am besten mit einer Barrierschnecke realisieren lässt.

Aufgrund der hohen Schmelztemperatur vieler technischer Thermoplaste kann in der Regel auf eine Kühlung der Nutbuchse verzichtet werden. Die geregelte Beheizung auf eine konstante Temperatur ist sinnvoll und ausreichend. Dafür bietet sich eine noch weiter vereinfachte Nutbuchsenkonstruktion an als in Bild 3 gezeigt. Auf Kühlrippen,



Bild 7: Plastifiziereinheit für einen Extruderumbau

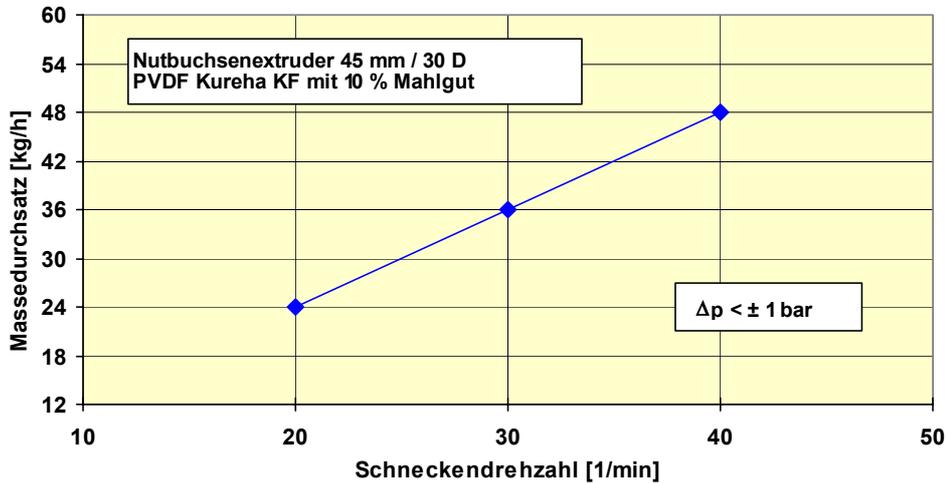


Bild 8: Betriebsdaten eines Rohrextruders \varnothing 45-30D nach dem Umbau von Glattrohr- auf Nutbuchsenprinzip

Gebläse und Luftführung kann verzichtet werden. Der Umfang für die Umrüstung mit einer kompletten Plastifiziereinheit ist in **Bild 7** zu erkennen. Praktische Ergebnisse und Erfahrungen sind in den **Bildern 8 und 9** zusammengestellt. Bei **Bild 8** handelt es sich um eine Verfahrenseinheit mit 45 mm Durchmesser, 30 D lang, in einem Extruder zum Verarbeiten von PA6, PA11, PA12, PVDF und TPU zu Rohren und Schläuchen. Die vorher eingebaute Glattrohreinheit arbeitete mit hohen Ausschussraten infolge von großen Druckschwankungen und schlechter Schmelzequalität. Die Palette der verarbeitbaren Materialien war begrenzt. PVDF (Neuware und Mahlgut) konnte gar nicht verarbeitet werden, war aber für eine neue Produktlinie gefordert. Nach der erfolgreichen Verarbeitung von 100% PVDF-Rezyklat auf einem Laborextruder \varnothing 50 mm - 28 D (sogenannter η -Extruder am Institut für Produkt Engineering IPE der Universität Duisburg-Essen [9]) wurden die Daten für die Auslegung der Produktionseinheit übertragen – mit vollem Erfolg.

Bei dem Beispiel in **Bild 9** wurde eine Aufgabe bewältigt, die nach verbreiteter Expertenmeinung nicht lösbar schien: Ersatz einer Glattrohreinheit \varnothing 90 mm - 25 D in einem Extruder zum Verarbeiten von PA 6.6 mit Glasfaser durch eine Nutbuchseneinheit \varnothing 70 mm bei gleichzeitiger Steigerung der Produktion. Die Länge der Einheit wurde beibehalten, d.h. die wirksame Länge des 70 mm-Aggregates (L/D-Verhältnis) dadurch erhöht.

Obwohl – wie weiter oben erläutert – mit den Gestaltungsmöglichkeiten der Barriere-

schnecke der Druckaufbau im Einzugsbereich bis hin zur Druckneutralität reduziert werden kann, müssen für Formmassen mit Glasfasern und ähnlichen erosiv wirkenden Zusätzen verschleißfeste Werkstoffe für Nutbuchsen und Schnecken eingesetzt werden.

Bei allen Vorzügen der Nutbuchsenextruder darf doch nicht außer acht gelassen werden, dass es auch Fälle gibt, wo glatte Zylinder vorteilhaft sind, z.B. beim Verarbeiten von Materialien mit Streuungen in der Schüttdichte, mit schlechter Rieselfähigkeit und anderen Merkmalen, die beim Zwangseinzug einer Nutbuchse systembedingt zu Förderschwankungen führen.

Die verbreitete Meinung, dass der Nutbuchseneinzug für Entgasungsextruder ungeeignet sei, hat sich allerdings als falsch erwiesen. Auch solche Maschinen wurden mit Erfolg auf diese Technologie umgerüstet für die Verarbeitung von PS/SB, PP, ABS oder PC. Der besondere Vorteil liegt hierbei in der Beibehaltung hoher

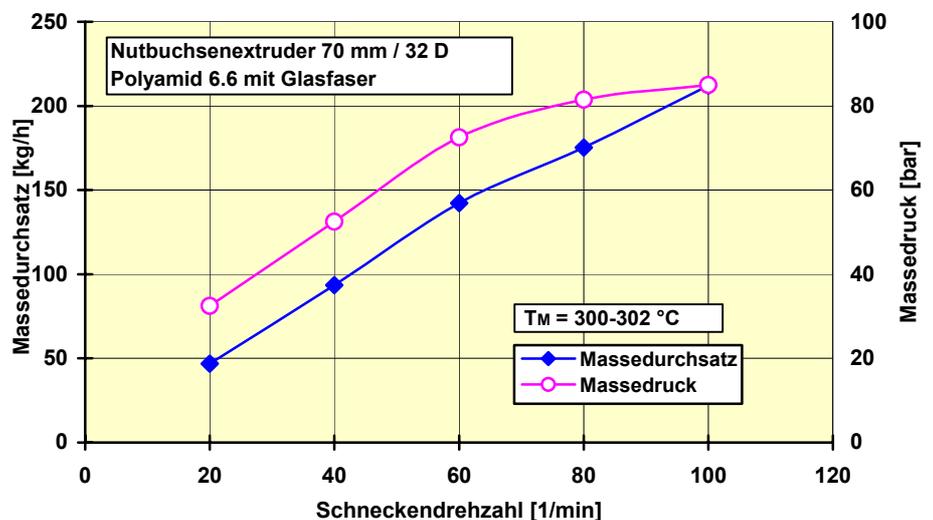


Bild 9: Betriebsdaten eines Profilextruders \varnothing 70-32D mit Nutbuchseneinzug und Barriere-Misch-Schnecke

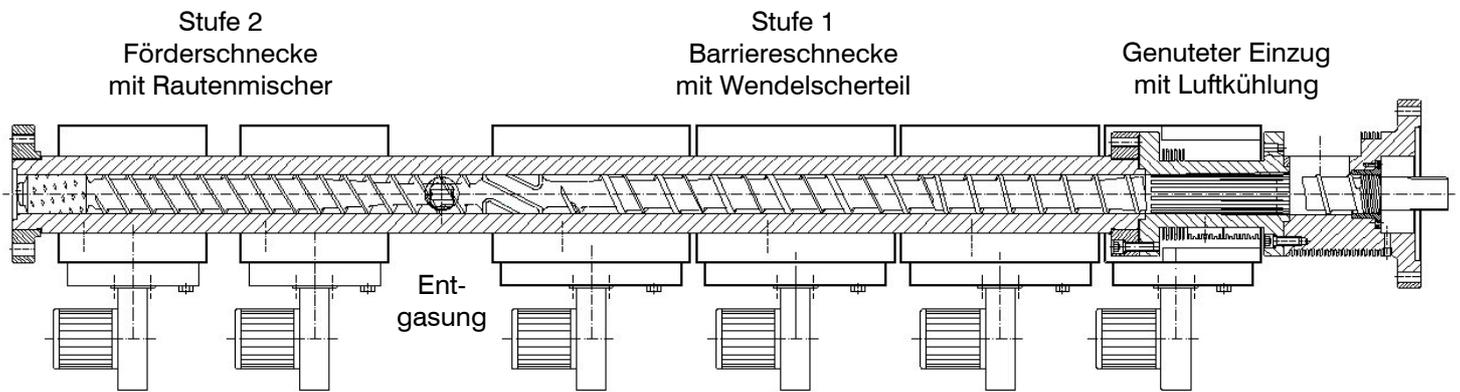


Bild 10: Entgasungsextruder mit luftgekühlter Nutbuchse und Barriere-Misch-Schnecke

Förderraten (Durchsatz pro Schneckenumdrehung) bei hohen Schneckendrehzahlen. Die dafür eingesetzten Schnecken haben in der ersten Stufe ein Barrierekonzept und in der zweiten Stufe „normale“ Förderzonen mit Mischelementen am Ende (**Bild 10**).

Zusammenfassung

Die bedeutenden Vorteile, welche Barriere-Misch-Schnecken – insbesondere in der Kombination mit Nutbuchsenzylindern – bieten, können nicht nur in neuen Extrudern realisiert und genutzt werden. Auch bestehende Maschinen können sehr effektiv mit neuen Schnecken oder mit kompletten neuen Verfahrenseinheiten auf ein höheres Leistungs- und Qualitätsniveau gebracht werden.

Voraussetzung für die erfolgreiche Durchführung solcher Umbaumaßnahmen ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Verarbeiter und Lieferant. Außer der Zielsetzung ist die Klärung der Schnittstellen und Liefergrenzen von großer Bedeutung.

Als Fazit ist festzustellen: Extruderoptimierung bietet die Chance für einen Technologiesprung, wenn man es konsequent und richtig macht.

Literatur

- [1] Fischer, P., Wortberg, J.: Hochleistungs- und Universal-Schnecken, *PLASTICS No. One* 8/95, S. 21-27
- [2] Fischer, P.: Extruder- und Werkzeugtechnik für Polyolefin-Rohre, *PLASTICS SPECIAL* 12/96, S.12-14
- [3] Fischer, P.: Einarbeitung von Produktionsabfällen und Recyclaten in der Extrusion, *PLASTICS SPECIAL* 9/99, S. 26-28
- [4] Michels, R.: Barrierschnecken, Beitrag zur 6. Fachtagung, „Neuigkeiten in der Extrusion“, 9.-10. Mai 2001, Süddeutsches Kunststoff-Zentrum, Würzburg
- [5] N. N.: Simulationssoftware REX (Rechnergestützte Extruderauslegung), Institut für Kunststofftechnik (KTP), Paderborn
- [6] Potente, H., Többen, H.: 3-D-Finite-Elemente-Simulation für Maddock- und Wendelscherelemente, *EXTRUSION* 6/02, S 16-19, 7-8/02, S. 16-20 und 9/02, S. 22-29
- [7] Pöhler, F., Baur, E., Schiffer, M.: Rechnerunterstützte Optimierung der Geometrie von Extrusionsschnecken, *PLASTICS SPECIAL* 3/00, S. 26-28

[8] Grünschloß, E.: HELIBAR verbessert Plastifizier- und Förderleistung, *EXTRUSION* 11/01, S. 44-49 und 12/01, S. 36-41

[9] N. N.: ETA – Ein Name ist Programm, *PLASTICS No. One* 9/95, S. 4-7

Ihr Partner für

- Extrudertechnologie und Plastifiziertechnik
- Rohrwerkzeuge
- Blasfolienwerkzeuge
- Schlauchköpfe
- Ummantelungswerkzeuge
- Sonderaufgaben



ETA Kunststofftechnologie GmbH
Biberweg 4
53842 Troisdorf / Germany
Fon: +49 / 2241 / 94 97 07
Fax: +49 / 2241 / 94 97 09
mail@eta-gmbh.de
www.eta-gmbh.de