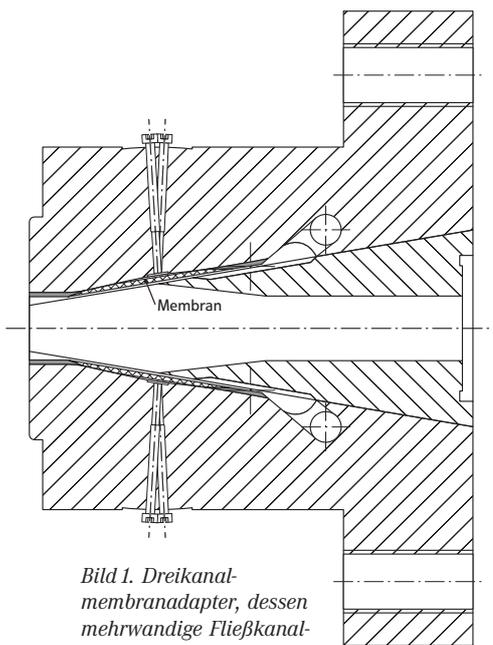


# Neuheiten in der Extrusion

## Weiterentwicklungen in der Werkzeugtechnik und bei Messsystemen

Heinz Groß, Rossdorf

Trotz der immer genaueren Berechnungsmethoden zur Simulation von komplexen Schmelzeströmungen ist die Festlegung der richtigen Fließkanalgeo-



*Bild 1. Dreikanal-membranadapter, dessen mehrwandige Fließkanalwand bei laufender Anlage an den Zusammenströmpunkten der Schmelzen mit Hilfe von Stellschrauben sehr feinfühlig verstellt werden kann*

metrie immer noch eine der heikelsten Aufgaben bei der Auslegung von Extrusionswerkzeugen. Auf der anderen Seite wird aber auch beispielsweise bei Extrusionsblasformwerkzeugen nach Lösungen gesucht, die Fließkanalgeometrie während des Schlauchaustrags zu verändern, um eine Wanddickenprofilierung des Vorformlings auch in radialer Richtung zu erreichen. Somit stellt sich die Frage, ob es möglich ist, an kriti-

Neue Verfahrenstechniken haben es schwer, sich in der Extrusionstechnologie zu etablieren. Die hohen Anlagenkosten, die geringe Anzahl der installierten Neuanlagen, das Risiko, mit einer neuen Technik das gewünschte Ziel doch nicht zu erreichen und die hohen Kosten für erforderliche Versuche auf Produktionsanlagen sind einige Gründe dafür. Dennoch gibt es immer wieder neue Ideen und Lösungen, die darauf abzielen, sowohl die Herstellkosten extrudierter Produkte zu verringern als auch die Produktqualität zu verbessern.

schen oder ausgesuchten Stellen in einem Extrusionswerkzeug einfach einen Wandbereich zu integrieren, der von außen um ein bestimmtes Maß rein linear elastisch verstellt werden kann. Der Anreiz zu dieser Überlegung kam nach der in enger Zusammenarbeit mit dem IKV in Aachen durchgeführten Entwicklung der Membrantechnik, bei der der Staukasten in einem Plattenwerkzeug durch eine dünne flexible Membran ersetzt wird [1, 2].

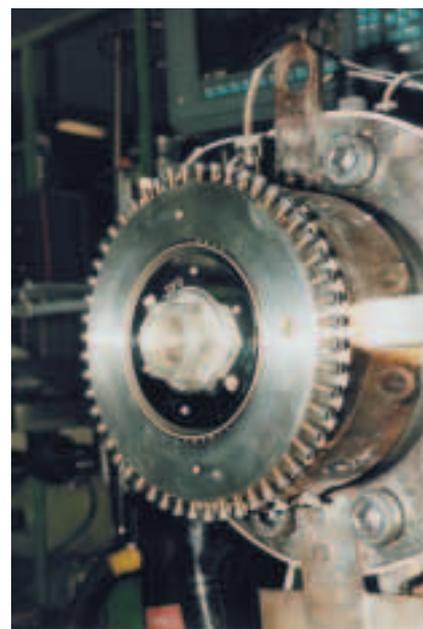
### Membranadapter

Wurden in der Vergangenheit bei Membranwerkzeugen noch 1,5 mm dicke Federstahlbleche in den Werkzeugkörper eingeschweißt [3], so ist es inzwischen gelungen, in ein Werkzeug eine Vielzahl extrem dünner Wände (bis herunter zu einer Dicke von 0,2 mm) an beliebigen Stellen in einen Fließkanal zu integrieren, ohne dass geschweißt werden muss oder dass eine störende Trennebene entsteht. Die neue Technik, die sich bereits in einigen Rohrwerkzeugen bewährt hat [4], ermöglicht es, beliebig viele Einzelwände absolut dicht übereinander zu legen, so dass sie sich gegenseitig abstützen. Man kann damit die Wand in ihrer Flexibilität und in ihrer Druckfestigkeit gegenüber dem Schmelzeinnendruck genau auf die Anforderungen des jeweiligen Anwendungsfalls abstimmen.

So können zum Beispiel sehr einfache Coextrusionsadapter gebaut werden, welche die Möglichkeit bieten, die Fließkanalgeometrie des Coextrusionskanals am Zusammenströmpunkt der Einzelschmelzen von außen über Stellschrau-

ben zu verändern. Bild 1 zeigt beispielhaft eine Querschnittszeichnung eines Dreikanaladapters (Schichtaufbau A-B-A) für eine große Produktionsanlage, auf der Platten mit einer Gesamtdicke zwischen 3 und 5 mm auf beiden Außenseiten mit einer Deckschicht von 50 µm coextrudiert werden. Der gezeigte Adapter wird auf der K2001 auf dem Stand des Instituts für Kunststoffverarbeitung (IKV), Aachen, ausgestellt werden.

Das Membranadaptersystem stellt dabei weltweit die erste kommerzielle Adapterlösung dar, die zum Beispiel die Möglichkeit eröffnet, die Adaptergeometrie bei laufender Anlage an das unterschiedliche viskose Verhalten von verschiedenen Materialien anzupassen. Auf



*Bild 2. Flexringwerkzeug angeflanscht an einen Rohrextruder kurz vor dem Anlagenstart*

der K2001 wird ein speziell für diese Zwecke konzipierter Membranadapter auf dem Stand von Extrusion Dies Inc., Chippewa Falls/USA, zu besichtigen sein. Dieser Adapter wurde für eine Laboranlage konzipiert, auf der die unterschiedlichsten Materialkombinationen erprobt werden sollen, ohne dass der gesamte Adapter oder auch nur Adapterteile ausgewechselt werden müssen.

Prinzipiell eröffnen Membranadapter somit auch erstmals die Möglichkeit, eine Einzelschichtdicke zu regeln. Voraussetzung dafür ist natürlich ein Messverfahren, das bei laufender Anlage die Einzelschichtdicke messen kann.

Versuchsergebnisse über das Betriebsverhalten der Adapter liegen noch nicht vor. Bei der Auslegung beider Adapter mussten noch Kompromisse gemacht werden, da von den Kunden gefordert wurde, die Anschlussmaße von den in den Anlagen vorhandenen konventionellen Adaptern zu übernehmen. Dies führte in beiden Fällen dazu, dass die Adapter deutlich größer ausfielen, als dies bei einer kompletten Neukonstruktion notwendig wäre.

### Flexringtechnologie

Wie kurz erwähnt, hat sich die neu entwickelte Flexringtechnologie für Rohrwerkzeuge und Blasfolienwerkzeuge bereits auf etlichen Produktionsanlagen bewährt. Bild 2 zeigt ein Rohrwerkzeug für ein dickwandiges Rohr mit einer integrierten Flexringhülse. Bei diesem Werkzeug kann der Austrittsspalt bei laufender Anlage mit Hilfe der 52 über den Umfang angeordneten Stellschrauben lokal begrenzt verändert werden. Mit den Schrauben wird dabei die in den Außenring des Werkzeugs integrierte partiell mehrwandige Flexringhülse lokal deformiert. Auf diese Weise können unsymmetrische Dickenschwankungen über dem Umfang des Rohrs, die nach dem Zentrieren des Außenrings meist noch vorhanden sind, weiter reduziert werden.

Noch im Entwicklungsstadium dagegen befindet sich der Einsatz von Flexringhülsen für Blasformwerkzeuge, die beim Austrag des Vorformlings über den Umfang verstellt werden sollen. Flexringhülsen lassen sich gewöhnlich in einfacher Weise auch in bestehende Werkzeuge nachträglich einbauen. Sie müssen sich aber nicht notwendigerweise immer am Werkzeugaustritt befinden,

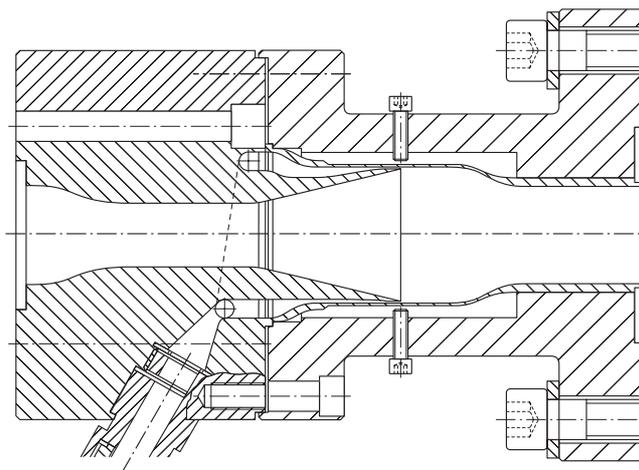


Bild 3. Coextrusionsadapter für ein Rohrwerkzeug mit einer integrierten Flexringhülse, die im Zusammenströmbereich lokal begrenzt rein linear elastisch verstellt werden kann

den, sondern sie können auch in das Innere eines Werkzeugs integriert werden. Dann ist es zum Beispiel möglich, bei Coextrusionswerkzeugen die Dickenverteilung einzelner Schichten bei laufender Anlage zu optimieren. Prinzipiell kann man dann auch die Dicke einzelner Schichten regeln. Ein solches Coextrusionswerkzeug mit einer integrierten Flexringhülse zeigt Bild 3. Die zu diesem Werkzeug gehörende Flexringhülse ist in Bild 4 abgebildet. Dieses Werkzeug wird während der Messe auf dem Stand der cpm GmbH, Georgsmarienhütte, zu sehen sein. Dass sich Flexringhülsen mit Hilfe von Kleinstgetriebemotoren auch automatisch verstellen lassen, wird an einem Flexringwerkzeug auf dem Stand der Galvanoform GmbH, Lahr, vorgeführt werden. Galvanoform ist zurzeit weltweit die einzige Firma, die das Know-how zur Herstellung von Flexringhülsen besitzt und die berechtigt ist, das patentrechtlich geschützte Verfahren auszuführen. Die BFA Plastik GmbH, Rossdorf, wird auf der K ein Flexringwerkzeug in einer laufenden Anlage zur Herstellung von Blasfolien vorführen.

### Wulstmesssystem

Werkzeuge mit flexibel verstellbaren Fließkanalwänden lassen sich generell auch motorisch verstellen. Sie sind somit natürlich auch geeignet, in einen Regelprozess eingebunden zu werden. Das wiederum ermöglicht zum Beispiel bei der Herstellung von Platten eine Regelung des über der Breite eines Breitschlitzwerkzeugs austretenden lokalen Massestroms. Da man allerdings aus den Dickenmesswerten, die meist an Plattenanlagen online gemessen werden,

nur sehr unzureichend auf den Massestrom, der an einer bestimmten Stelle aus dem Werkzeug austritt, schließen kann, eignen sich diese Dickenwerte nicht besonders als Führungsgröße zum Aufbau eines Regelkreises.



Bild 4. In den Coextrusionsadapter (Bild 3) integrierte Flexringhülse, die sich zwischen den beiden massiven Flanschbereichen aus 7 Einzelwänden mit einer Wanddicke von je 0,2 mm zusammensetzt

Aus diesem Grund wurde ein Messsystem entwickelt, das die Wulstverteilung der Schmelze misst, die sich im Einzugsspalt des ersten Walzenpaares über der Breite eines Glättwerks bildet [5]. Unter der Voraussetzung, dass der Walzenspalt absolut parallel ist, ist die Wulstgröße nämlich direkt proportional zu dem an dieser Stelle aus dem Plattenwerkzeug austretenden lokalen Schmelzestrom. Daher ist die Wulstmessung bei Produkten, die durch einen Glättspalt laufen, viel besser als Führungsgröße für eine Werkzeugregelung geeignet als die Dickenmessung [6]. Da aber auch die meisten wichtigen Anwendungseigenschaften der beidseitig geglätteten Folien oder Platten stark von dem jeweiligen Zustand im Walzenspalt abhängen, werden über die Wulstrege-

lung auch diese für den Endanwender wichtigen Größen geregelt. Das Messsystem, das bereits in Anlagen in Deutschland, in der Schweiz, in Frankreich und den USA im Einsatz ist, wird allerdings zurzeit noch in Form eines eigenständigen Informationssystems zur Beschleunigung des Anfahrprozesses, zur Verbesserung der Produktqualität und zur Anlagenoptimierung genutzt. Bild 5 zeigt die in einer Produktionsanlage aufgenommene Wulstverteilung vor (a) beziehungsweise nach (b) der Optimierung mit Hilfe der Informationen, die das Wulstmesssystem geliefert hat.

Anfang dieses Jahres gelang es sogar, das Messsystem im Rahmen der Installation in eine große amerikanische Produktionsanlage so zu modifizieren, dass

es bei der Herstellung von Folien mit einer strukturierten Oberfläche eingesetzt werden kann. Dazu wurde eine auf diesen Anwendungsfall zugeschnittene neue Messstrategie entwickelt und eine entsprechende neue Messsoftware implementiert. Noch vor der Messe soll getestet werden, ob sich das Wulstmesssystem für Verfahren eignet, bei denen im ersten Walzenspalt kaschiert wird. Vorrangiges Ziel ist dabei, eine gesicherte Information über den Verlauf der im Spalt wirkenden Kaschierkräfte über der Spaltbreite zu gewinnen. Das Wulstmesssystem wird auf der Messe direkt nicht ausgestellt werden. Interessenten können es jedoch unabhängig von der Messe nach vorheriger Terminabsprache in einer laufenden Anlage besichtigen.

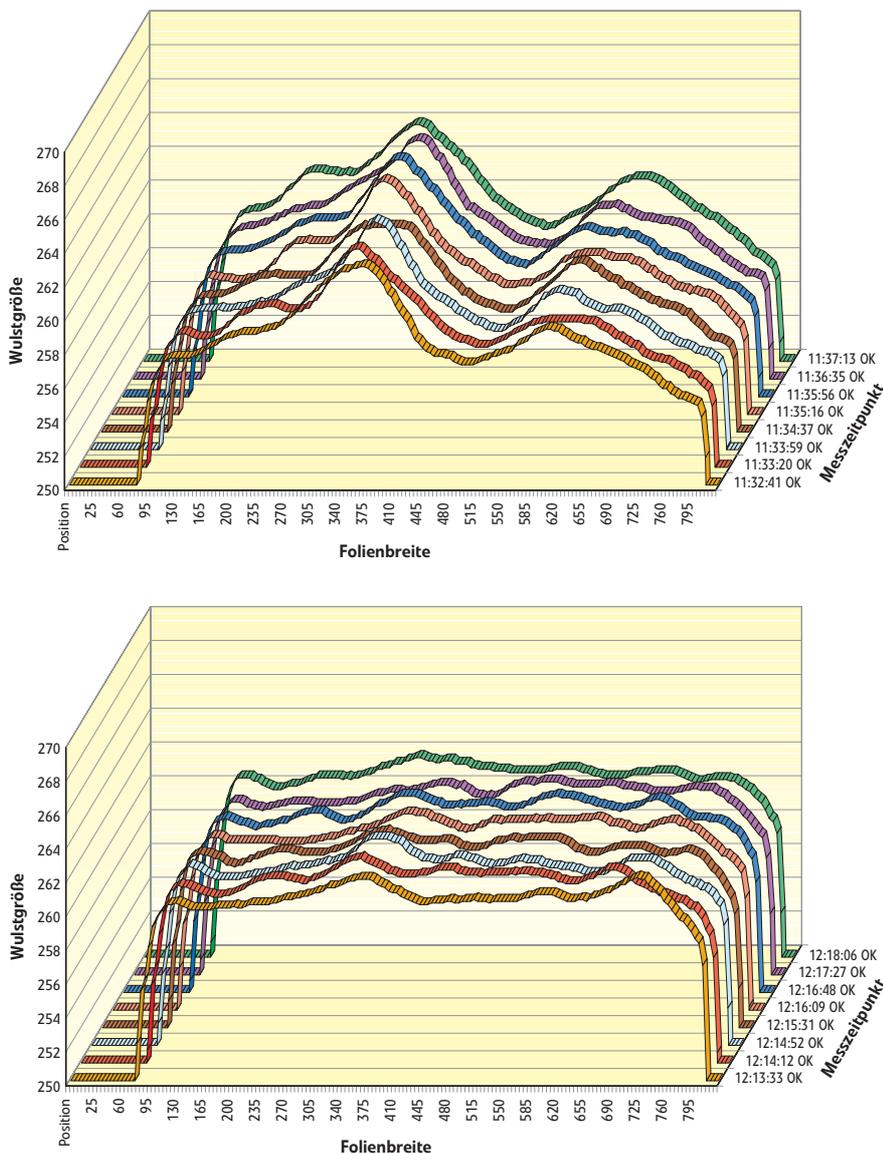
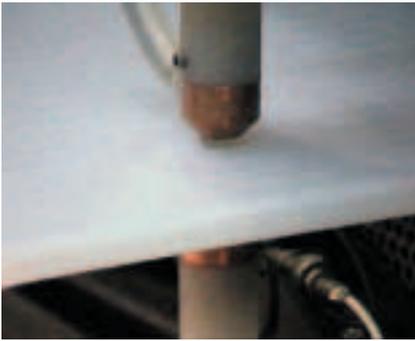


Bild 5. Wulstverteilung bei einem Testlauf zur Herstellung einer kritischen Folie vor (a) und nach (b) der Optimierung mit Hilfe der Informationen, die das Wulstmesssystem lieferte

### Wanddicken bei Hohlkammerplatten messen

In der Vergangenheit haben Hersteller von Hohlkammerplatten vergeblich nach einem Anbieter für ein System zur Wanddickenmessung der Außenwände von Hohlkammerplatten gesucht. Der Vorteil eines solchen in die Produktionslinie integrierbaren Wanddickenmesssystems liegt auf der Hand [7]. Anlagen zur Herstellung von Stegplatten, wie Hohlkammerplatten auch häufig genannt werden, sind besonders lang und die Extrusionsgeschwindigkeit ist nicht sehr hoch. In extremen Fällen vergeht somit fast eine halbe Stunde von dem Zeitpunkt, an dem die Schmelze aus dem Werkzeug austritt und im Kalibrator erstarrt, bis zu der Zeit, zu der dieser Plattenbereich die Säge am Ende der Anlage erreicht. Dies lässt zum Beispiel das Einstellen des Werkzeugs zu einem Geduldsspiel werden. Der Bediener muss nach jedem Stellvorgang so lange warten, bis der Plattenbereich die Säge erreicht hat. Erst dann kann er an dem abgesägten Plattenstück die Dickenverteilung, die sich durch die Verstellung neu ergeben hat, nachmessen. Das Ausmessen der Wanddickenverteilung über der Breite der Platten selbst, das meist noch von Hand erfolgt, ist dabei zusätzlich zeitintensiv. Es gibt Plattengeometrien mit über 400 Einzelkammern, wobei jede Kammer natürlich eine obere und eine untere Wanddicke besitzt, die einzeln manuell gemessen werden müsste.

Das neu entwickelte Messsystem, das mit Ultraschall arbeitet, lässt sich in einfacher Weise in bestehende Anlagen nachrüsten. Es wird dabei direkt hinter dem Kalibrator in die Fertigungslinie integriert. Bild 6 zeigt das Messsystem in einer großen Produktionsanlage. Die obere und die untere Wanddicke werden gleichzeitig gemessen, wobei der Abstand zwischen den einzelnen Messstellen über das Programm beliebig wählbar ist. Somit hat der Anlagenbediener wenige Minuten nach einer Verstellung des Werkzeugs eine präzise Information über die neue Dickenverteilung. Die gemessenen Daten können natürlich auch gleich von der Qualitätssicherung übernommen werden. Prinzipiell lässt sich mit diesem Messsystem auch eine Wanddickenregelung aufbauen. Das scheitert zurzeit aber noch daran, dass die Werkzeuge, die benutzt werden, sich



*Bild 6. Quasi berührungsfreie Messung der Wanddicke einer Hohlkammerplatte mit Ultraschallsensoren, die über einen kleinen Wassertropfen an die Plattenoberfläche angekoppelt werden. Die Wassertropfen traversieren mit dem Sensor, so dass absolut kein Wasser auf der Plattenoberfläche verbleibt*

nicht automatisch verstellen lassen. Es ist allerdings nur noch eine Frage der Zeit, bis das erste Stegdoppelplattenwerkzeug mit Flexlippen ausgerüstet werden wird, so wie es bei Folienwerkzeugen seit langem Stand der Technik ist. Dann stünde einer Wanddickenre-

gelung auch bei Hohlkammerplatten nichts mehr im Wege.

Das neue Wanddickenmesssystem wird auf dem Stand von Omipa S.p.A., Morazzone/Italien, ausgestellt werden, wobei es an einem stationären Plattenmuster die Wanddickenverteilung misst.

**Literatur**

- 1 Groß, H.; Michaeli, W.; Pöhler, F.; Ullrich, J.: Membran statt Staubalken. *Kunststoffe* 84 (1994) 10, S. 1352–1358
- 2 Groß, H.: Membrantechnologie zur Schmelzeflussessteuerung bei Mono- und Coextrusionswerkzeugen. In: *Extrusionswerkzeuge*, VDI-Verlag, Düsseldorf 1996, S. 159–185
- 3 Groß, H.: Blattfedermembranen in Breitschlitzdüsen; Neue Fertigungsmöglichkeiten erweitern Einsatzbereich. *Plastics Spezial* 2 (1996) 11, S. 28–30
- 4 Groß, H.: Membrantechnik: Anwendung in der Mehrschichtextrusion von Platten/Folien, Rohren und Profilen. *Plastics Spezial* 6 (2000) 12, S. 21–25
- 5 Groß, H.: Wulstmessung in der Folien- und Plattenextrusion. *Kunststoffe* 88 (1998) 8, S. 1229–1231

- 6 Langkamp, U.: Flachfolienextrusion mit Wulstregelung. *IKV Kolloquium*, Aachen 1998
- 7 N.N.: Online-Wanddickenmesssystem für die Extrusion von Hohlkammerplatten. *K-Zeitung* 13/2000, S. 15

**Der Autor dieses Beitrags**

Dr.-Ing. Heinz Groß, geb. 1950, beschäftigt sich seit 1992 im Rahmen eines Ingenieurbüros mit der Entwicklung neuer Produktionstechniken. 1997 gründete er zusätzlich die Groß Messtechnik, die sich auf die Entwicklung neuer Messsysteme spezialisiert hat.

Kontakt: heinz-gross@t-online.de

**Kunststoff  
Web**

Volltextversion im Kunststoffweb.  
www.kunststoffweb.de

# Kürzeste Rüstzeiten, flexible Fertigung

Wegweisende ILLIG-Entwicklungen führen zu flexibler Fertigung mit optimierter Werkzeugtechnik und kürzesten Werkzeugwechselzeiten. Motorische Antriebe sorgen für hohe Produktionssicherheit bei maximaler Verfügbarkeit. Automatische Grundeinstellung der Maschine, Speichermöglichkeit der Produktionsdaten,

Anfahren ohne Ausschub und geringer Energieeinsatz führen zu hoher Wirtschaftlichkeit. Für unterschiedliche Leistungsanforderungen bieten wir ausgereifte Produktionssysteme in produktorientierten Ausbaustufen.

**ILLIG – technologische Kompetenz beim Thermoformen**

Motiv Nr. 103.99

ADOLF ILLIG • Maschinenbau GmbH & Co • Mauerstraße 100 • D - 74081 Heilbronn  
Tel. 0 71 31 / 505 - 0 • Fax 0 71 31 / 505 - 303 • Internet: www.illig.de • e-mail: info@illig.de  
Service-Hotline 0 71 31 / 505 - 500

**illig**