

# Einstellbare Fließkanal- geometrien – die Zukunft im Extrusionswerkzeugbau?

**Wanddickenregelung.** Mit der Beeinflussung des lokalen Fließwiderstands im Strömungskanal des Werkzeugs lässt sich die Wanddicke extrudierter Produkte steuern. Fortschritte im Extrusionswerkzeugbau ermöglichen nun auch eine Dickenregelung bei Rohren, Platten und sogar bei einzelnen coextrudierten Schichten.

HEINZ GROSS

Extrusionswerkzeuge mit flexiblen Fließkanalwänden ermöglichen die Feinoptimierung der Massestromverteilung innerhalb eines Werkzeugs während des laufenden Prozesses. Dank eines neu entwickelten Fertigungsverfahrens ist es inzwischen gelungen, bei unterschiedlichsten Extrusionswerkzeugen Fließkanalspaltweiten fein und lokal begrenzt verstellbar zu gestalten. Langfristiges Ziel ist es, für alle Extrusionsverfahren Werkzeuge zu entwickeln, mit denen eine Regelung der Wanddicke bei der Produktion möglich wird. Die Vorteile einer dickengeregelten Fertigung werden seit über 25 Jahren in der Folienextrusion mit Breitschlitzwerkzeugen intensiv genutzt. Durch eine automatische lokale Verstellung des Austrittsspalts mit Hilfe der Flexlippe am Werkzeugaustritt ist jederzeit eine gleich bleibende Folienqualität in engsten Toleranzgrenzen sichergestellt. Die Dickenregelung bei der Breitschlitzfolienherstellung ist bis heute das einzige kontinuierliche Extrusionsverfahren, bei dem der Fließwiderstand im Werkzeug lokal begrenzt verändert wird, um Dickentoleranzen zu reduzieren. Für viele Produkte waren bisher keine Werkzeuge verfügbar, bei denen die Fließkanalgeometrie bei laufendem Prozess von außen lokal begrenzt verstellt werden konnte.

## Rundwerkzeuge mit Flexringlippe

Inzwischen konnte das Grundprinzip der Flexlippe von Breitschlitzwerkzeugen erfolgreich auf Rundwerkzeuge übertragen

werden [1]. Flexringwerkzeuge, bei denen der Austrittsspalt am Werkzeugmund mit Hilfe einer Vielzahl über dem Umfang angeordneter Stellschrauben lokal begrenzt verändert werden kann, haben sich inzwischen bei der Rohrherstellung, bei der Herstellung von geschäumten Platten oder Folien und bei der Herstellung von Blasfolien nach dem Double-Bubble-Verfahren bewährt. Mit Ausnahme der Extrusionsblasformdüsen müssen die Werkzeuge noch vom Bedienpersonal manuell eingestellt werden. Die Nachrüstung bzw. die Umrüstung eines vorhandenen Werkzeugs ist relativ kostengünstig, aber die Dickenverteilung des erzeugten Produkts hängt zwangsläufig von dem Geschick des Bedienpersonals ab.

Speziell bei Blasfolien muss der Austrittsspalt am Werkzeugmund im Mi-

krometerbereich nachkorrigiert werden, um bestehende Dickendifferenzen zu verringern. Dies erfordert nicht nur sehr viel Erfahrung und Fingerspitzengefühl, sondern auch zusätzlichen personellen Aufwand. Inzwischen wird in mehreren Projekten daran gearbeitet, Flexringwerkzeuge automatisch einzustellen. So wird zurzeit am Süddeutschen Kunststoffzentrum (SKZ), Würzburg, im Rahmen eines Forschungsprojekts eine Technologie entwickelt, mit der bei der Rohrextrusion die Dickentoleranzen über dem Umfang des Rohres mit Hilfe einer Regelung minimiert werden sollen. Prinzipiell ist vorgesehen, dass auch Flexringwerkzeuge, die bereits in Produktionsanlagen integriert sind, mit einer Dickenregelung nachgerüstet werden können.

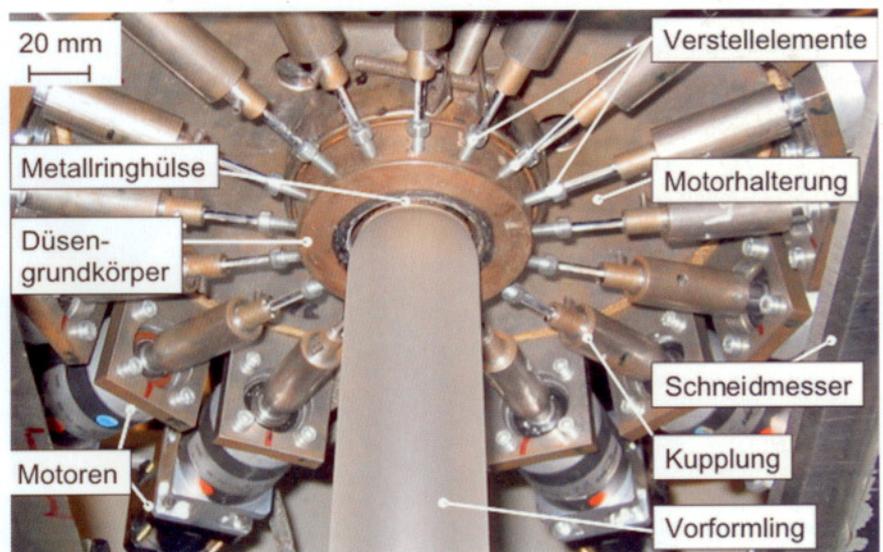
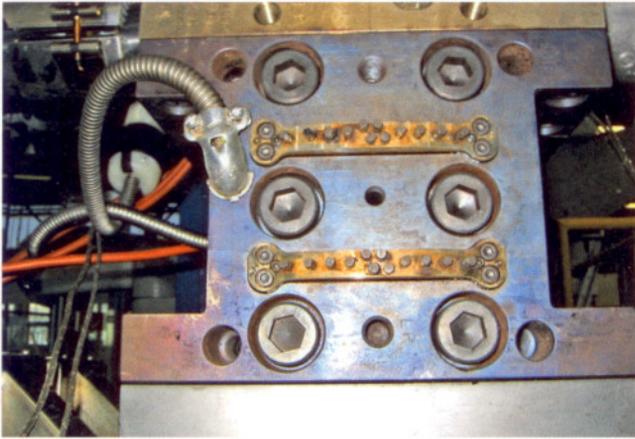


Bild 1. In eine Blasformanlage eingebautes Flexringwerkzeug mit einem Durchmesser von 35 mm, das mit 16 Stellantrieben dynamisch verstellt werden kann (Foto: IKV)



**Bild 2.** In eine Technikumsanlage eingebauter 3-Kanal-Membranadapter, mit dem sich am Zusammenströmpunkt die Geometrie des 50 mm breiten Fließkanals jeweils mit 12 Stellschrauben feinfühlig optimieren lässt (alle

Bilder außer Bild 1: Groß Kunststoff-Verfahrenstechnik)

### Partiell flexible Einsätze

Auch bei Profilwerkzeugen konnte bereits gezeigt werden, dass sich in vielen Fällen durch Integration eines speziellen partiell mehrwandigen, flexiblen Einsatzes in das bestehende Werkzeug Wanddickenänderungen an spezifischen Stellen im Profil bei laufender Anlage realisieren lassen. Dies funktioniert prinzipiell gut, wenn das Profil entweder große Radien oder ebene Bereiche aufweist. Auch in diesen Fällen lassen sich bestehende Werkzeuge in relativ einfacher Weise mit verstellbaren Fließkanaleinsätzen nachrüsten. Dazu muss lediglich die Endplatte des Werkzeugs ausgetauscht oder modifiziert werden. Der Austausch hat den Vorteil, dass bei unerwarteten Schwierigkeiten der ursprüngliche Aufbau jederzeit wiederhergestellt werden kann.

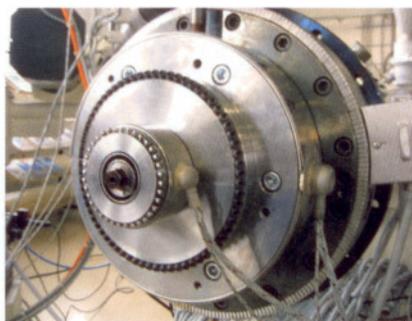
### Radiale Wanddickensteuerung

Beim Extrusionsblasformen ist es verfahrensbedingt erforderlich, den Austrittsspalt des Werkzeugs beim Austrag des Vorformlings automatisch zu verstellen. Dass dies mit einem Flexringwerkzeug in idealer Weise möglich ist, wurde am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) an der RWTH Aachen im Rahmen eines Forschungsprojekts bewiesen. Zur Herstellung einer ausschließlich zu Forschungszwecken konzipierten Flasche wurde ein Flexringwerkzeug mit 16 Stellantrieben (Bild 1) ausgerüstet. Damit konnte während des Austrags des Vorformlings die radiale Wanddickenverteilung im Vorformling entsprechend der über der Höhe der Flasche variierenden Geometrie angepasst werden [2]. Inzwischen sind mehrere Industrieprojekte in Bearbeitung, um bestehende Werkzeuge in Produktions-

anlagen mit einer Flexringhülse und mit elektrischen Stellantrieben nachzurüsten. Je nach Produkt sollen durch die verbesserte Dickenverteilung in den blasgeformten Teilen Rohstoffeinsparungen von 5 bis 10 % erreicht werden.

### Einstellbare Flexring- bzw. Membranadapter

Mit der neuen Fertigungsmethode können auch Coextrusionsadapter gebaut werden, deren Fließkanalgeometrie bei laufender Anlage optimiert werden kann. Damit wird das zeitaufwändige und kostspielige, konventionelle spanabhebende Adaptieren der Fließkanalgeometrie beim Einfahren eines Coextrusionsadapters überflüssig. Darüber hinaus lässt sich die Fließkanalgeometrie jederzeit an geänderte Produktionsbedingungen anpassen, ohne die Produktion zu unterbrechen. Somit kann z. B. beim Wechsel des Rohstofflieferanten die Schichtdickenverteilung konstant gehalten werden. Auch wenn sich mit zunehmender Betriebszeit durch die Erhöhung der Liniengeschwindigkeit eine



**Bild 3.** Zweikanalwerkzeug mit einer integrierten Flexringhülse zur Feineinstellung der Schichtdicke der Deckschicht (hintere Stellschrauben) sowie der Gesamtdicke (Stellschrauben am Düsenmund)



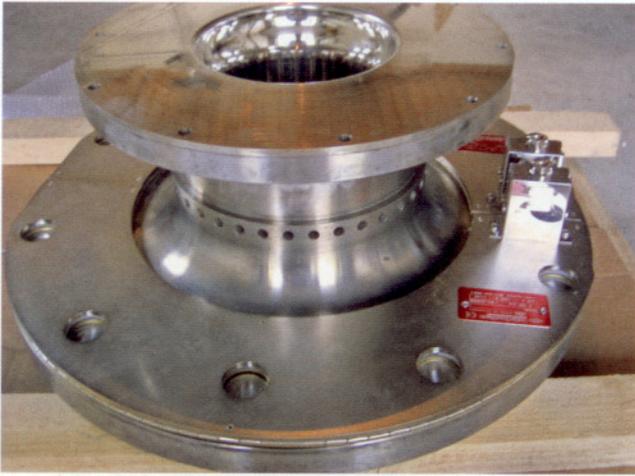
**Bild 4.** Aus einem Stück bestehende Coextrusionsscheibe mit integrierter partiell mehrwandiger Fließkanalwand und radial angeordneten Stellschrauben zur Feineinstellung des lokalen Fließkanalspalts im Bereich, in dem Mittel- und Innenschicht zusammenströmen

Anlage immer weiter von dem Betriebspunkt entfernt, für den der Adapter optimiert worden ist, lässt sich die Fließkanalgeometrie jederzeit ohne Produktionsausfall an den neuen Betriebspunkt anpassen. Zukünftig wird es mit einem einzigen einstellbaren Flexring- oder Membranadapter möglich sein, auch Materialien mit unterschiedlichem Fließverhalten zu verarbeiten. Flexring- beziehungsweise Membranadapter sind weltweit die ersten Adapterlösungen, mit denen eine Schichtdickenregelung realisiert werden kann.

Inzwischen existiert ein Flexringadapter für die Rohrcoextrusion, ein Membranadapter für eine Technikumsanlage für Folien und Platten (Bild 2) sowie ein Membranadapter für eine Plattenproduktionsanlage. Aufbauend auf den mit diesen Adaptern gesammelten Erfahrungen wird zurzeit an einem standardisierten Membranadapter gearbeitet, um auf einen Hauptstrom eine Schicht aufzulegen. Es ist geplant, den Adapter modular aufzubauen, so dass sich jederzeit ein zusätzliches Adaptermodul anflanschen lässt, um eine weitere Schicht auflegen zu können. Das Einzelmodul wird nur aus drei kompakten Teilen bestehen: einem standardisierten zweiteiligen Gehäuse sowie einem Membraneinsatz, dessen Geometrie individuell entsprechend dem Fließverhalten des Materials dimensioniert wird.

### Schichtdickenoptimierung bei Mehrkanalwerkzeugen

Durch die Integration flexibel einstellbarer Fließkanalwände in Mehrkanalwerkzeuge wird es erstmals möglich, die Schichtdickenverteilung über der Breite einer coextrudierten Folie oder Platte bzw. über dem Umfang eines mehrschichtigen



**Bild 6.** Aus einem Stück bestehendes Gehäuseteil mit flexibler Fließkanalwand und Gewindebohrungen über dem Umfang für die Einstellschrauben



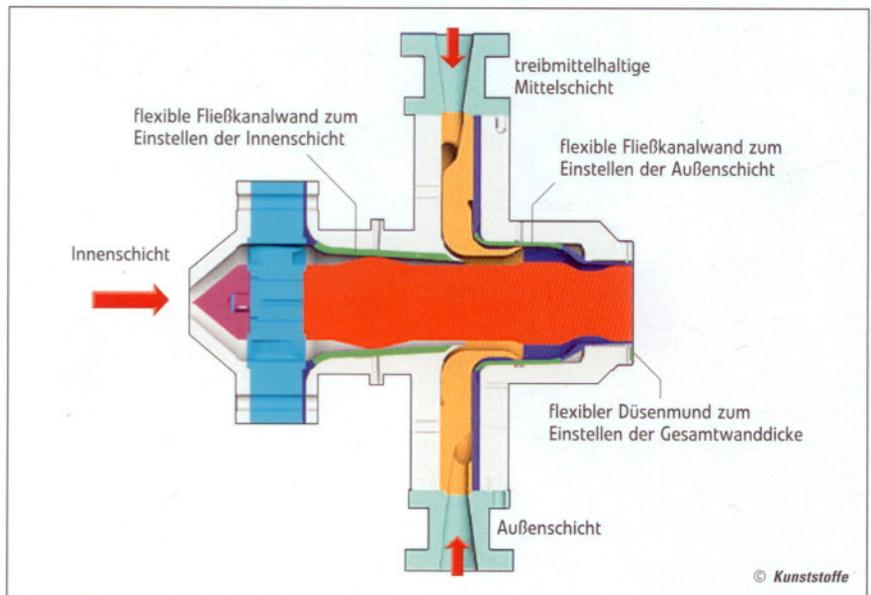
**Bild 7.** Drosselkörper mit den kontinuierlichen Übergängen von der mittleren flachen Fließkanalgeometrie auf die jeweils runde Ein- und Austrittsgeometrie

Rohres bei laufender Anlage optimieren zu können. Am SKZ konnte ein einfaches Rohrwerkzeug zu einem Zweikanalwerkzeug umgebaut werden. Dazu wurde in das Werkzeug eine Flexringhülse integriert, die zwei getrennte flexibel verstellbare Wandbereiche besitzt. Somit lässt sich mit dem umgebauten Werkzeug (Bild 3) die Dickenverteilung über dem Rohrumfang für die Deckschicht und für die Gesamtwanddicke jeweils separat optimieren, ohne dass der Extrusionsprozess dafür unterbrochen werden muss. Dies ist weltweit das erste Rohrwerkzeug, das werkzeugseitig die Voraussetzungen bietet, eine Einzelschichtdicke regeln zu können. Zum Aufbau einer Regelung ist in der Anlage natürlich noch ein selektives Online-Schichtdickenmesssystem erforderlich.

Im IKV in Aachen entstand im Rahmen eines zweijährigen Forschungsprojekts ein Werkzeug mit radialen Wendelverteilern zur Herstellung von dreischichtigen Blasfolien [3]. Auch in diesem Werkzeug befindet sich in der mittleren Scheibe eine fein verstellbare Fließkanalwand (Bild 4). In einem Anschlussprojekt ist nun geplant, für die Dicke der Mittelschicht eine automatische Regelung aufzubauen, um die Schichtdickentoleranzen weiter zu verringern und gleichzeitig die Einhaltung der Toleranzen zu überwachen. Dafür muss in die Blasfolienanlage ein Schichtdickenmesssystem integriert werden, das in der Lage ist, auch die Dicke der mittleren Schicht selektiv zu messen.

### Dreikanalwerkzeug in Flexringtechnik

Aufbauend auf den Erfahrungen mit diesem Testwerkzeug wurde ein völlig neuartiges Dreikanalwerkzeug zur Herstellung von PVC-Schaumkernrohren konzipiert.



**Bild 5.** Das in der Querschnittsdarstellung gezeigte Dreikanalrohrwerkzeug mit drei flexiblen Wandbereichen ist sehr kompakt gebaut und besteht nur aus acht Einzelteilen

Das Werkzeug besitzt drei separate flexibel deformierbare Fließkanalbereiche. Damit lässt sich neben der Gesamtdicke und der Außenschichtdicke sogar die Dicke der Innenschicht separat optimieren (Bild 5). Zur Beeinflussung der Innenschicht wurde der mehrwandige flexible Fließkanalbereich direkt in das Gehäuse integriert (Bild 6). Dies reduziert die Gefahr von Undichtigkeiten und erhöht zusätzlich die Wartungsfreundlichkeit des Werkzeugs durch eine Verminderung der Zahl der Einzelteile. Die kompakten Deckschichten werden in der Produktionsanlage über einen Extruder und über eine Verzweigung der Schmelzeleitung in das Werkzeug eingespeist. Die Geometrie dieser Schmelzeleitungen muss exakt dimensioniert werden, um die geforderten Wanddicken der Innen- und der Außenschicht auch genau zu errei-

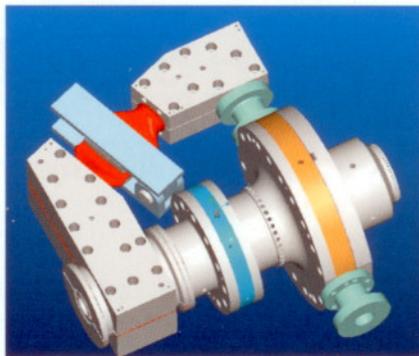
chen. Zur Lösung dieser Problematik wurde eine totstellenfreie Drossel in eine der beiden Schmelzeleitungen integriert. Damit kann der Fließwiderstand relativ zur zweiten Schmelzeleitung verändert werden. Bild 7 zeigt die Drossel, deren Wand im gesamten mittleren, flach ausgeführten Bereich aus 20 dünnen, sich gegenseitig abstützenden Einzelwänden besteht. Mit Hilfe einer speziellen Vorrichtung kann damit der freie Strömungsquerschnitt verändert werden. In Bild 8 ist das gesamte Werkzeug inklusive der integrierten Drossel in einer dreidimensionalen Darstellung zu sehen.

### Wie wird die Zukunft aussehen?

Als vor etwa 30 Jahren die ersten Firmen Folienanlagen mit einer Wanddickenre-

gelung angeboten haben, wurde das damals unter Experten sehr kontrovers diskutiert. Heute wird die Dickenregelung als ein absolutes Muss für eine gute Folienanlage betrachtet. Extrusionswerkzeuge mit flexibel verstellbaren Fließkanalbereichen bieten nun erstmals die Grundvoraussetzung, um auch bei anderen extrudierten Produkten, wie z. B. bei Rohren, bei kompakten oder geschäumten Platten sowie sogar bei einzelnen coextrudierten Schichten eine Dickenregelung mit Hilfe einer automatischen Beeinflussung des lokalen Fließwiderstands im Strömungskanal des Werkzeugs aufbauen zu können. Nach und nach werden für diese Produkte derartige geregelt arbeitende Extrusionsanlagen auf den Markt kommen. Vorreiter werden dabei wohl Rohranlagen sein, da bereits in vielen zurzeit betriebenen Extrusionsanlagen für Rohre ein online messendes Wanddickmesssystem integriert ist. In diesen Fällen muss sich der Rohrhersteller neben dem Regelsystem nicht auch noch ein teures Dickenmesssystem beschaffen, um seine Rohrwanddicke regeln zu können. Die ersten Dickenregelsysteme für Rohranlagen könnten eventuell schon auf der nächsten Kunststoffmesse in Düsseldorf angeboten werden.

Es ist immer noch schwierig, ein Dickenmesssystem zu finden, das online eingesetzt werden kann und zuverlässig arbeitet. Besonders problematisch ist es beispielsweise bei vielen coextrudierten Produkten, einzelne Schichtdicken selektiv zu messen. Die Anstrengungen der Messsystemhersteller auf diesem Gebiet waren in der Vergangenheit auch ver-



**Bild 8. Dreidimensionale Darstellung des kompletten Dreikanalrohrwerkzeugs mit der im Anströmkanal für die Deckschicht integrierten Drossel (rot)**

ständiglicherweise nicht besonders groß, da die Vorteile eines in aller Regel sehr teuren online arbeitenden Systems gegenüber einem um Größenordnungen kostengünstigeren offline arbeitenden nur marginal sind, solange es keine Möglichkeit gibt, auch direkt auf die gemessene Dickenverteilung reagieren zu können. Betriebswirtschaftlich gesehen würde allerdings eine Schichtdickenregelung bei der Coextrusion besonders interessant sein, da für Einzelschichten häufig sehr teure Rohstoffe verwendet werden.

Generell steht zu erwarten, dass die Messsystemhersteller ihre Anstrengungen verstärken werden, die Auflösung und die Genauigkeit der Messsysteme weiter zu steigern. Es hat sich nämlich bei vielen Inbetriebnahmen von Flexringwerkzeugen gezeigt, dass die Einstellung des Werkzeugs an Grenzen stößt, da die geringen Dickenschwankungen, die mit den neuen flexibel einstellbaren Werkzeugen nun erreichbar sind, häufig nur noch unzu-

reichend von den vorhandenen Messsystemen aufgelöst werden können. ■

**LITERATUR**

- 1 Groß, H.: Extrusionswerkzeuge mit flexibel deformierbaren Fließkanalwänden. Blasformen & Extrusionswerkzeuge, Teil 1: 1/2005 S. 5-9 und Teil 2: 2/2005, S. 11-14
- 2 Grünewald, J.: Entwicklung und Erprobung neuer Werkzeugkonzepte zur radialen Wanddickenbeeinflussung beim Extrusionsblasformen. Dissertation RWTH Aachen, 2004
- 3 Michaeli, W., Brümmer, T., Wenigmann, S., Fink, B.: Extrusionswerkzeuge. 23. Kunststofftechnisches Kolloquium des IKV, 15. + 16. März 2006, Umdruck Block 2

**DER AUTOR**

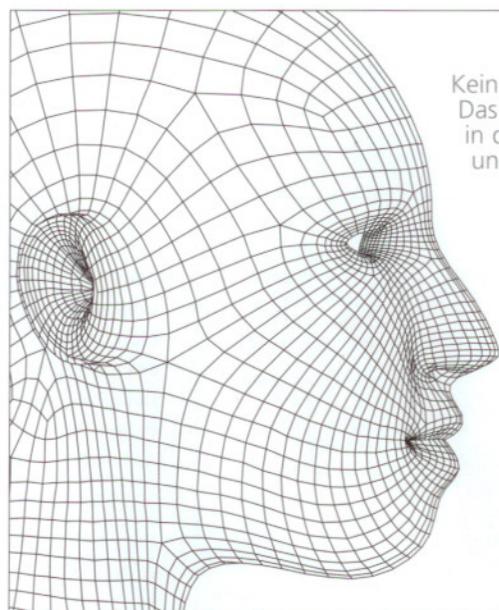
DR.-ING. HEINZ GROSS, geb. 1950, ist Inhaber der Groß Kunststoff-Verfahrenstechnik, Roßdorf, heinz-gross@t-online.de gg

**SUMMARY KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL**

**Adjustable Flow-channel Geometries – the Future in Extrusion Die Making?**

**WALL THICKNESS CONTROL.** *The wall thickness of extruded products can be controlled by influencing the local flow resistances in the die flow channel. Advances in extrusion die making now permit thickness control of pipes, sheets and even coextruded layers.*

*NOTE: You can read the complete article by entering the document number **PE103708** on our website at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)*



Kein Profil gleicht dem anderen. Das ist die Herausforderung in der Planung, Entwicklung und Fertigung.



Machen Sie sich ein Bild von unseren Profilen auf der EuroBLECH 2006, 24. bis 28. Oktober in Hannover. Sie finden uns in Halle15, Stand D51.

[www.profilmetall.de](http://www.profilmetall.de)

