

Offener Schlauch mit  
Kalibrier-Kühlring



**Kühltechnik.** Durch die besonders intensive Kühlwirkung eines Kühl-Kalibrierkegels im Innern des Folienschlauchs kann die Bahngeschwindigkeit und damit die Produktivität der Blasfolienherstellung deutlich gesteigert werden. Die Öffnung des Folienschlauchs ermöglicht niedrigere Abzugserüste.

# Folienproduktion mit geöffnetem Schlauch

KU104004

**ANTAL PELCZ  
TAMÁS ILLÉS  
ZOLTÁN HORVÁTH**

**A**uf der K 2004 wurde von der dr-PACK, Kft, Biatorbágy/Ungarn, die Drehkern-Technologie vorgestellt. Das Funktionsprinzip basierte auf einer Selbsteinstellung des Drehkerns im Blaskopf [1]. Dabei wird die Konzentrität des Kerns durch die Schmelze eingestellt, wodurch ein konstantes Maß des Spalts entlang des vollständigen Austrittsumfangs gewährleistet wird. Der Blaskopf benötigt kein Wendelverteilersystem und über die Kerndrehung wird eine netzartige Orientierung der Folienstruktur erzeugt. Die Temperaturverteilung in der Schmelze ist sehr homogen, was ebenfalls zur Gleichmäßigkeit der Foliendicke beiträgt.

Das Kühlsystem bestand aus der äußeren und der inneren Kühlung. Beim äußeren Kühlsystem wurde der traditionelle Kühlring durch einen mehrstufigen Kühltrichter ersetzt, was den großen Vorteil hat, dass die Luft entlang des wachsenden Folienskegels in mehreren Schichten eingeblasen werden kann, sodass die Kühlwirkung bestehen bleibt. Im inneren Kühlsystem blasen Düsen die Luft in tangentialer Richtung gegen die Folie. Die warme Luft wird weiter oben aus dem Schlauch abgesaugt. Die tangential gegen die Folie geblasene Luft kühlt den Schlauch an der wirkungsvollsten Stelle. Mit der tangentialen Luftströmung konnte der relative Geschwindigkeitsunterschied zwischen dem Schlauch und der Kühlluft vergrößert werden, was den Wärmeübertragungskoeffizient erheblich steigerte.

## Luft als Produktionsfaktor

Der Steigerung der Bahngeschwindigkeit wird von mehreren Faktoren Grenzen gesetzt. Einer davon ist die Kühlintensität. Jüngste Entwicklungen haben sich folglich eine weitere Steigerung der Kühlintensität zum Ziel gesetzt, ebenso sollte auch die Kühllhomogenität am Umfang des Schlauchs weiter gesteigert werden. Im Verlauf der Entwicklung des neuen Kühlsystems galt es als Hauptziel, die Wärmeübertragung zu verbessern, der durch die im Schlauch erwärmte große Menge an Luft besonders negativ beeinflusst wird. Das Konzept eines internen Luftwechsels ist aus den früheren Konstruktionen bekannt, die große Menge Luft lässt sich aber nur schwer auswechseln und nimmt auch nicht an der Strömung teil. Um diesen Luftstau zu ver-

hindern, entstand die Idee, die konische Strecke des Schlauchs mit einem Kegel auszufüllen (Titelbild). Auf diese Weise entsteht ein schmaler Strömungsspalt für die Luft zwischen dem Kegel und der Folie, und der Bedarf an Kühlluft verringert sich, weil sie unmittelbar zur Folie gelangt. Als Folge verringert sich auch das Volumen der im Schlauch eingeschlossenen Luft, und der Wirkungsgrad der Kühlung erhöht sich. Zudem wurde die Oberfläche des Kegels genutzt, um der Folie ausreichend Luft zuzuführen. Der Kegel ist aus Schichten aufgebaut, und die Luft wird durch die Spalte zwischen den einzelnen Schichten tangential zugeführt, ähnlich einer Düsenlösung. Damit ließ sich der auftretende Luftmangel in dem nach oben breiter werdenden Folienskegel kontinuierlich kompensieren.

Der Ausfüllkegel muss im Innern des Schlauchs gehalten werden, dabei lässt sich die Kühlluft sowohl von unten als auch von oben zuführen. Bei einer Zuführung von unten bedarf es einer Blaskopfkonstruktion, die in ihrem Kern einen Kanal von entsprechender Größe aufweist. Realisiert wurde zunächst das Konzept, bei dem der Kegel von oben gehalten, genauer gesagt in den Schlauch abgehängt wird. An dieser Stelle kam erstmals die Idee des geöffneten Schlauchs auf.

**Blasfolienherstellung mit offenem Schlauch**

Zuerst gab es eine Reihe konstruktiver Aufgaben zu lösen: Wie kann der Kegel abgehängt werden, wie soll die Folie aufgezogen werden? Denn der Luftdruck im Schlauch sorgt dafür, dass sich die aus dem Blaskopf austretende Schmelze in Querrichtung orientieren kann. Wenn die Luft also aus dem Folienschlauch entweicht, sackt der Schlauch zusammen. Allerdings würde es ausreichen, wenn die Luft nur aus dem kegelförmigen Orien-

tierungsteil des Schlauchs nicht entweichen kann beziehungsweise der Luftdruck erhalten bleibt. Der raumfüllende Kegel könnte als Korken im Schlauch fungie-

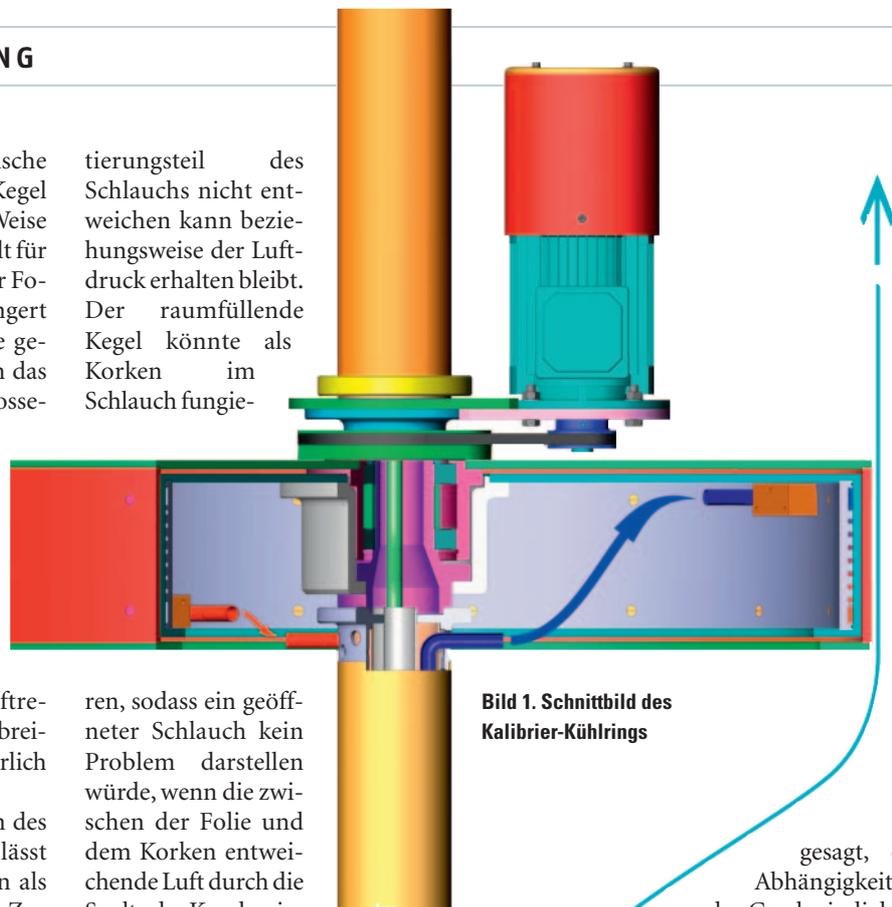
ren, sodass ein geöffneter Schlauch kein Problem darstellen würde, wenn die zwischen der Folie und dem Korken entweichende Luft durch die Spalte des Kegels wieder eingeblasen wird. Es stellten sich zahlreiche Fragen.

Die Lösung war ein horizontal geschlossener Kühlring über dem Kegel im Innern des Schlauchs, der dafür sorgt, dass die Luft nicht plötzlich entweichen kann, wenn sie den kegelförmigen Teil verlässt (Bild 1).

Mit dieser Konstruktion wurden folgende Ergebnisse erreicht: Die stockenden Luftmengen, die die Kühlung und die Strömung verschlechtern, ließen sich eliminieren. Die Kühlluft wird in tangentialer Richtung unmittelbar der Folie zugeführt, was die Wärmeübertragung verbessert und den Luftmangel, der aus der Durchmessererweiterung resultiert, schichtweise ersetzt.

Die spektakulärste Veränderung dieser Technologie aber ist, dass ein bisher geschlossener Folienschlauch geöffnet und aufgespaltet wurde: Der zylindrisch nach oben fahrende Schlauch wird auf der Abzugsebene mit in Strahlrichtung eingeschobenen Messern in sechs Teile getrennt. Die Abzugsebene besteht aus sechs „kleinen“ Abzügen, die die Folien an sechs separaten Wickeleinheiten abführen. Der offene Schlauch sackt nicht zusammen, weil die Kühleinheit als Korken fungiert. Die Luft verlässt den Schlauch durch den Spalt zwischen der Folie und der Kühleinheit auf natürliche Weise.

Theoretischer Ausgangspunkt der weiteren Entwicklungen war wiederum der Wärmeübertragungskoeffizient, genauer



**Bild 1. Schnittbild des Kalibrier-Kühlrings**

gesagt, dessen Abhängigkeit von der Geschwindigkeit. Da der Wert des Wärmeübertragungskoeffizienten in erster Linie vom relativen Geschwindigkeitsunterschied zwischen dem Kühlmedium und der zu kühlenden Fläche bestimmt wird, galt es, diesen Unterschied mithilfe der tangentialen Düsen zu vergrößern. Das gelang, indem die Luft im Vergleich zur vertikalen Fahrtrichtung der Folie fast senkrecht auftritt, wodurch die Effizienz um etwa das Anderthalbfache gesteigert werden konnte. Als nächster Schritt wurde der obere, bereits zylinderförmige Teil des Kühlkegels, in dem die endgültige Erstarrung der Folie erfolgt, mit einem Luftrückkühlsystem versehen. Der innere Kühlkegel ist so ausgelegt, dass die Luft unten mehrschichtig und tangential eingeblasen wird. Wenn die Luft entlang des Kegels nach oben strömt, wird sie erwärmt. Dort, wo der größte Kühlintensitätsbedarf besteht, erfolgt eine Rückkühlung mithilfe der Scheibe, die sich mit einer großen Umfangsgeschwindigkeit dreht, und die entzogene Wärme kontinuierlich abführt. Die Anlage kühlt die Folie am Ende der Orientierung sehr intensiv und gefriert sie in einer Säule von verhältnismäßig engen Umfang schnell und vollständig. Auf diese Weise ist eine schnelle und völlig homogene Produktion von Folien mit großer Genauigkeit möglich.

Im Spalt zwischen der Folie und dem Kühlkegel finden noch andere vorteilhafte Effekte statt. Der erste sichert den intensiven Wärmeaustausch zwischen den sich mit großer Geschwindigkeit in senkrechter Richtung aneinander bewegenden

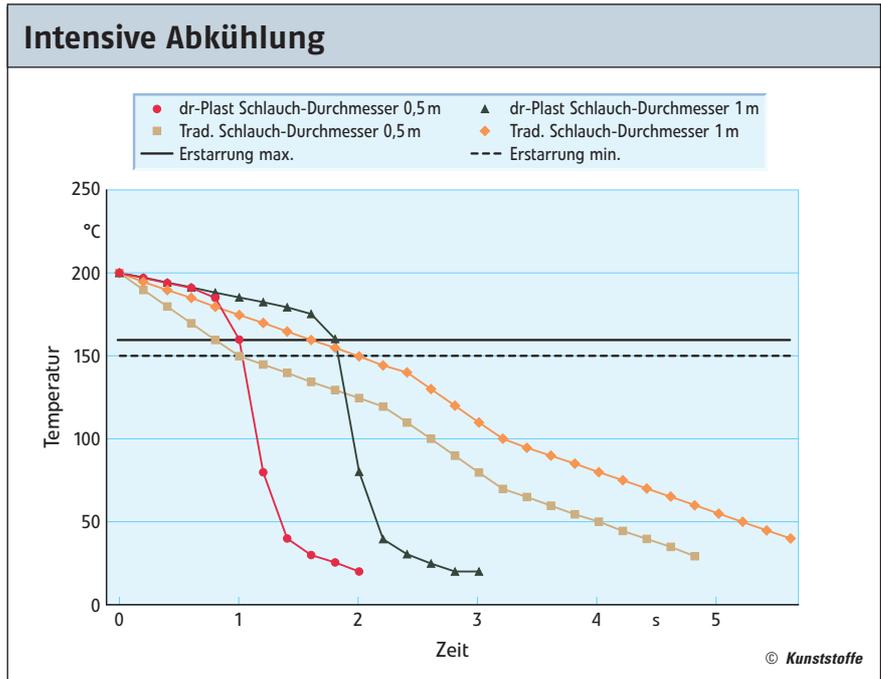
<b>i</b>	<b>Hersteller</b>
<p><b>dr-Plast Engineering Zrt. (AG)</b>                  (Tochterunternehmen der dr-PAck Kft)                  H-2040 Budaörs, Seregély u. 3.                  Ungarn                  Tel. +36/23/4 30-041                  Fax +36/23/4 30-042                  E-Mail: K07@drplast.com                  www.drplast.com</p>	

Flächen dadurch, dass die Grenzschichten der Flächen ineinanderreichen. Infolge des Zusammenstoßes der Grenzschichten entsteht im Spalt eine Turbulenz, die die Wärmeübertragung im großen Maße fördert und verbessert. So kommt die Oberfläche des Wärmetauschers praktisch fast mit der Folie in Berührung, während diese Entfernung in den traditionellen Systemen mehrere Meter ausmacht.

Ein weiterer positiver Effekt ist, dass die im Spalt mit großer Geschwindigkeit strömende Luft die Folie flächig ansaugt und auf diese Weise für eine große Genauigkeit des Schlauchdurchmessers sorgt. Der Durchmesser ist einige Millimeter größer als der Durchmesser der Kühleibe. Diese innere Kühleinheit dient also als Kalibrierung. Das Ergebnis sind Folien in einer engen Dickentoleranz und einem maßhaltigen Durchmesser. Bei der Maßbestimmung der Kalibrierscheibe wird vom Maß des Fertigprodukts ausgegangen, so lassen sich auf der Anlage Stretchfolien ohne Randabfall im Blasverfahren herstellen.

**Auswirkungen auf die Qualität**

Die Eigenschaften der Folie werden besonders dadurch beeinflusst, wann und



**Bild 2. Die Rückkühlung der Folie in Abhängigkeit von der Zeit**

wie sie abkühlt beziehungsweise einfriert. Die Folie mit den vorteilhaftesten Eigenschaften wird hergestellt, wenn das Gefrieren auf der Strecke nach dem Orientierungskegels schnell und vollständig beendet wird. Die Rückerstarrung der Folie beginnt auch im traditionellen Fall am

Ende der kegelförmigen Strecke. Dieser Prozess zieht sich aber im schlauchförmigen Teil bedeutend hinaus und erfolgt entlang des Umfangs in unterschiedlichen Zeiten, was die Schwankung der mechanischen Parameter der Folie mit sich bringt. Dass die mechanischen Eigen-



**Bild 3. Wickler mit Jumbo-Rolle**



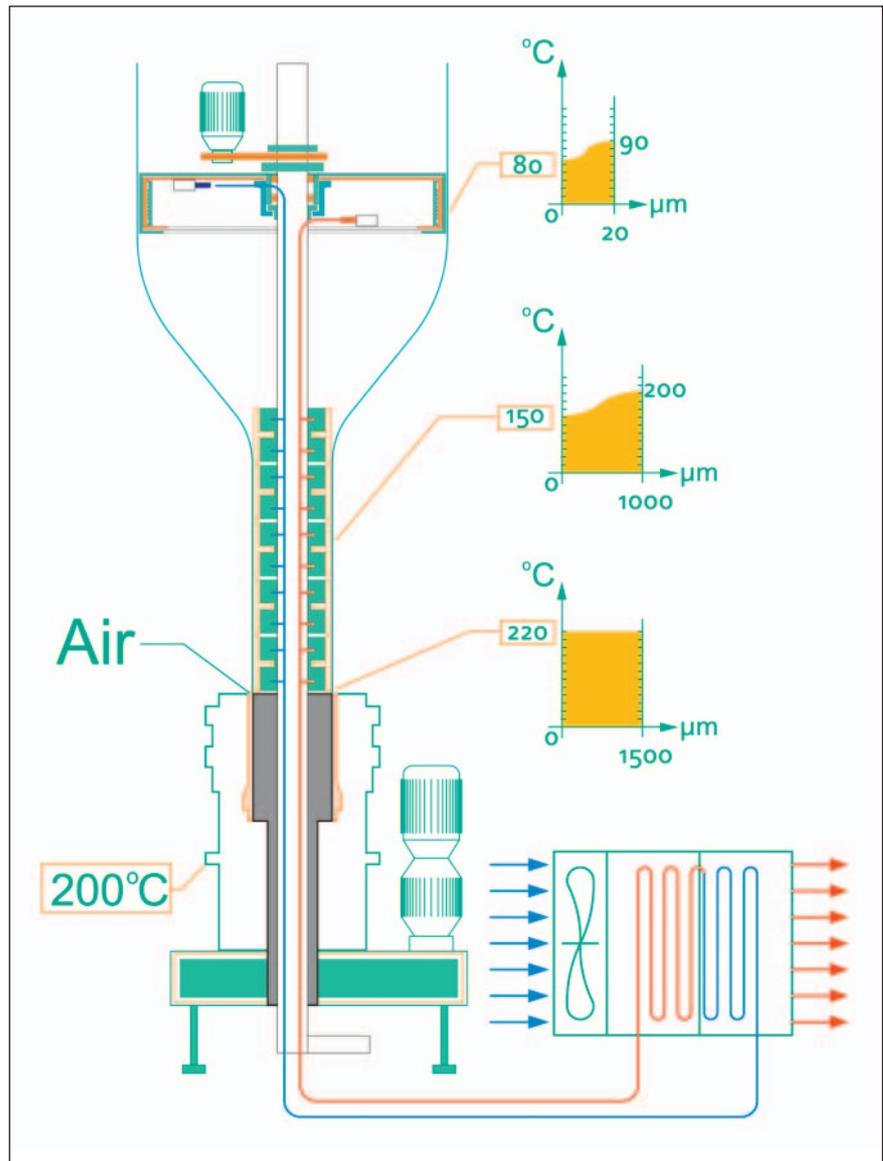
**Bild 4. Kalibrierkühlring mit geschlossenem Schlauch**

schaften der Folie mit der Vergrößerung ihrer Wanddicke und Dimension nicht proportional wachsen, ist darauf zurückzuführen, dass die zur Rückkühlung notwendige Zeit proportional mit der Vergrößerung der Dimension wächst. Wenn sich der Werkstoff für eine längere Zeit im plastischen Zustand befindet, werden die mechanischen Merkmale der Folie schwächer, von der Schwankung der Dicke ganz zu schweigen.

Bild 2 vergleicht die Rückkühlungskurven von Folienschläuchen in verschiedenen Durchmessern, die mit der dr-Plast-Technologie hergestellt wurden, mit traditionellen. Die Foliendicke wächst proportional mit dem Durchmesser des Schlauchs. Bei Betrachtung der Wärmekurven wird ersichtlich, dass die Folie bereits in der Anfangsstrecke – kegelförmige Orientierung – durch die Technik des Ausfüllkegels deutlich schneller abkühlt. Nach Erreichen des zylinderförmigen Abschnitts wird dieser Unterschied noch markanter, weil die Luft sehr schnell und gleichmäßig, in einem verhältnismäßig engen Spalt von der Drehscheibe zurückgekühlt wird, während sich dieser Prozess im traditionellen Fall auf einer längeren Strecke des zylinderförmigen Abschnitts, und in unterschiedlichen Zeiten entlang des Umfangs erfolgt. Dass die Folie selbst beim größeren Schlauch schneller zurückgekühlt wird als beim kleineren traditionell extrudierten Schlauch, ist damit zu erklären, dass die neue Kühltechnik eine wesentlich größere Produktionsgeschwindigkeit ermöglicht. Das Material „verbringt“ auf diese Weise eine wesentlich kürzere Zeit im plastischen Zustand, wodurch die Eigenschaften der Folie verbessert werden.

**Individuelle Wickeltechnik**

Die Anlage ist in erster Linie zur Herstellung von Haushaltstretchfolie aus Polyethylen (PE) ausgelegt worden. Die in sechs Bahnen geschnittenen Schlauchfolien werden von sechs Wickelstationen zu zwölf Rollen in einer Breite von 300 mm ohne Randabfall konfektioniert. Die Wickelstationen sind so ausgelegt, dass auch Jumbo-Rollen von 1 m Durchmesser auf ihnen produziert werden können (Bild 3). Damit das Abwickeln von großen Rollen problemlos erfolgen kann, verfügt die Wickelstation über eine Spannungsregelung. Auch wenn den Jumbo-Rollen hinsichtlich des wirtschaftlicheren Betriebs der automatischen Umwickelmaschinen eine große Bedeutung zukommt, bietet eine indivi-



**Bild 5. Konzept zur Herstellung von PE-HD-Folie mit Kalibrier-Kühlring** (Grafik: Zoltán Gergely)

duelle Wickeltechnik interessante Vorteile. Hierbei kann auf jede einzelne der sechs Wickelstationen eine Fertigprodukt-Konfektionierungseinheit (Revolverwickelmaschine) aufgebaut werden. Die Wickelstationen produzieren in diesem Fall gleich mehrere kleinere Rollen von 10 oder 100 m Länge. Mit dieser Möglichkeit lässt sich die Maschinenkapazität effektiver ausnutzen. Zudem bietet die Kombination der beiden Wickelstationen eine besondere Flexibilität der Produktionsanlage. So lassen sich Jumbo-Rollen und Fertigprodukte gleichzeitig herstellen, und beide auf so viel Bahnen wie nötig.

Bei den aktuellen Maschinen und einer Bahnenbreite von 600 mm entstehen Rollen mit einer Länge von 100 000 m, bei den früheren Maschinen wurden im Vergleich dazu Rollen mit einer Länge von 8000 bis 10 000 m hergestellt.

Durch einen Wechsel der Kühl-Kalibriereinheit wäre die Folienblasanlage auch geeignet, Industriefolie in einer Breite von 500 mm herzustellen.

**Geschlossener Schlauch**

Bisher wurde beschrieben, wie die Kalibriereinheit die Produktion mit offenem Schlauch ermöglicht und welche Vorteile damit verbunden sind.

Alternativ hierzu wurde eine Lösung entwickelt, die Blasfolie mit traditionell geschlossenem Schlauch herzustellen und dennoch teilweise die neue Technologie anwenden zu können (Bild 4). Folienblasmaschinen, bei denen sich in der Mitte des Blaskopfs ein Loch befindet, lassen sich leicht mit der Kühl-Kalibriereinheit nachrüsten und ermöglichen genaue Durchmessergestaltung, eine gleichmäßig eingefrorene Folie sowie gesteigerte

Produktionsgeschwindigkeit. Zudem sinkt der Bedarf an externer Kühlluft, wodurch auch die Betriebskosten sinken. Gut geeignet für den nachträglichen Einbau sind Systeme, die mit radialen Wendelverteiler-Werkzeugen arbeiten.

Die Kühl-Kalibriereinheit kann auch zur Herstellung von PE-HD-Folie verwendet werden, bei der zuerst die axiale und anschließend die radiale Orientierung erfolgt (Bild 5). Außerdem kann eine externe Kühlung durch die interne Kühlung ersetzt werden.

## Fazit

Verwirklicht wurde die Herstellung von Blasfolien mit einer innen aufgehängten Kalibrier-Kühleinheit im offenen Folienschlauch. Der augenfälligste Vorteil des offenen Schlauchs ist, dass die erwärmte Luft nicht abgesaugt werden

muss, weil sie nach oben entweichen kann. Als Ergebnis des neuen Systems kühlt die Folie wesentlich schneller zurück und lässt sich in einer höheren Präzision herstellen.

Das schnelle Einfrieren steigert sowohl die Produktionsgeschwindigkeit und damit die Wirtschaftlichkeit als auch die Folienqualität.

Eine ausgefeilte Wickeltechnik erhöht die Flexibilität der Produktionsanlage bis zur fertigen Konfektionierung. ■

## LITERATUR

- 1 Pelcz, A. Illés, T.: Blasfolien mit verbesserten Eigenschaften. *Kunststoffe* 94 (2004)10, S. 260–263

## DIE AUTOREN

ANTAL PELCZ, geb. 1951, ist Generaldirektor von dr-Plast Engineering Zrt., Budaörs/Ungarn.

DIPL.-MASCH. ING. TAMÁS ILLÉS, geb. 1975, ist Technischer Direktor bei dr-Plast Engineering.

DIPL.-MASCH. ING. ZOLTÁN HORVÁTH, geb. 1974, ist als Entwicklungsingenieur beim o. g. Unternehmen tätig.

## SUMMARY *KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL*

### Film Production with Open Tubing

**COOLING TECHNOLOGY.** *The particularly intensive cooling effect of a cooling/calibration cone in the interior of the tubular film can significantly increase the web speed, and therefore the productivity of blown film production. The opening of the tubular film permits lower take-off towers.*

*NOTE: You can read the complete article in our magazine **Kunststoffe international** and by entering the document number **PE104004** on our website at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)*