

# Innovativ Prozesskosten optimieren

**PVC-Fensterprofile.** Mit funktionellen Calciumcarbonaten lassen sich deutlich höhere Füllgrade

in der Coextrusion bei gleichzeitiger Verbesserung des Prozesses und der Oberflächenqualität von PVC-Fensterprofilen erreichen. Mit der spezifischen Coextrusionstechnologie in Kombination mit einem erhöhten Calciumcarbonatanteil oder einem erhöhten Rezyklateinsatz ergibt sich ein erhebliches Kosteneinsparpotenzial.

Die Produzenten von Kunststofffenstern sind in einer komfortablen Position – der Marktanteil beträgt 57 %. Gleichwohl müssen sie sich einer Reihe von Herausforderungen stellen. Steigende Preise für Rohölprodukte wie PVC, Industriemetalle wie Zink und Fettprodukte für Gleitmittel treiben die Preise von PVC-Dryblends (Trockenmischung; Gemisch von Kunststoffpulver mit Zuschlagstoffen) in die Höhe. Ein weiterer Aspekt ist die Verknappung von Rohstoffen wie Titandioxid, das für weiße Fensterprofile nötig ist. Die Hersteller müssen sich auf steigenden Preisdruck, Forderungen im Hinblick auf die Nachhaltigkeit und vermehrten Einsatz von Rezyklaten einstellen.

Als Lösungsansatz bietet sich die Coextrusion mit Zusatz von Calciumcarbonat und erhöhten Rezyklatmengen an. Die Coextrusion gestattet eine kosteneffiziente Auswahl von Rohstoffen für Fensterprofile, die in Kern/Schale-Technologie produziert werden. Farbe und Glanz des Endprodukts werden über die bewitterungsstabile Außenschicht (Schale) definiert, der Kern hingegen muss nur einfachen visuellen Ansprüchen genügen.

Der Kostenunterschied zwischen den Dryblends für Außenschicht und Kern ist erheblich. Maßgeblich für das Einsparpotenzial pro Profilmeter sind die Coextrusionstechnologien, die unterschiedliche



**PVC-Fenster gibt es in weiß, wie hier in einem Firmengebäude, aber auch in verschiedenen Dekoren, z.B. Holzfarben** (Foto: Baerlocher)

Mengenverhältnisse von Kern- und Außenschicht im Bereich von etwa 30 bis 70 % ermöglichen. Gegenüber der Monoextrusion lassen sich damit bei gleicher Profilmeterleistung in Bezug auf die Rohstoffkosten Einsparungen von 6 bis 10 % realisieren.

## Einfluss auf Kosten und Qualität

Die Werkzeughersteller haben auf die Marktanforderungen reagiert und bieten auf die unterschiedlichen Bedürfnisse

der Extrudeure abgestimmte Coextrusionstechnologien an. Die Greiner Extrusion GmbH, Nußbach/Österreich, bietet dazu drei Verfahren an: Kern-, Schicht- und Mischtechnologie (**Bild 1**), wobei letztere die neueste Technik darstellt.

Das Coextrusionswerkzeug beeinflusst auch Kosten und Qualität. Dies zeigt sich etwa in der Gleichmäßigkeit der Schichtdicken der Coextrusion – Schwankungen führen zu erhöhtem Einsatz von teurem Außenmaterial. Bei Veränderung des Verhältnisses von Kern- zu Außenmaterial um nur 5 % sind bei üblichen Ausstoßleistungen jährliche Einsparungen von 10000 bis 20000 EUR pro Extrusionslinie möglich.

Eine FEM-Simulation der Coextrusionsdüse ermöglicht dem Werkzeughersteller beispielsweise Wandschubspannung, Gesamtdruck (**Bilder 2 und 3**) und relative Fließgeschwindigkeit bei der Auslegung zu analysieren. Eine Optimierung dieser Faktoren

verhindert sektionale Farbunterschiede und trägt maßgeblich zu einer gleichmäßigen Profilqualität bei.

Die Extruderhersteller bieten heute verschiedenste Systeme für die Coextrusion an: parallele und konische Doppelschneckenextruder, Coextruder für integrierte Extrusionssysteme sowie Säulen-, Huckepack- und Tandem-Extrusionslösungen.

Die bewährten parallelen Doppelschneckenextruder der 32D-Baureihe von KraussMaffei Berstorff GmbH, München, bieten eine hohe verfahrenstechnische



**Bild 1. Coextrusion in Kern-, Schicht- und Mischtechnologie (von links nach rechts)** (Bild: Greiner Extrusion)

Flexibilität im mittleren und hohen Ausstoßbereich. Das Verfahrenskonzept gewährleistet eine optimale Homogenität der Schmelze und ermöglicht die Verarbeitung unterschiedlicher Rezepturen mit nur einer Schneckeengeometrie.

Um die gleiche verfahrenstechnische Flexibilität wie bei den parallelen Extrudern zu erreichen, wurden die Verfahrenslängen der konischen Doppelschneckenextruder insbesondere im Vorwärmbereich gegenüber der vorherigen Baureihe deutlich verlängert. Neben einer sicheren Materialentgasung wird eine optimale Homogenität der Schmelze erzielt. Die längere Meteringzone führt zu einer hohen Druckstabilität bis 500 bar über den gesamten Ausstoßbereich des Extruders. Dies ist vor allem bei der Coextrusion wichtig.

Eine Extruderkombination aus einem parallelen Hauptextruder KMD 114-32/P und zwei konischen Coextrudern KMD 63K/P fährt Profile in Mischtechnologie im Doppelstrang. Die Kernschicht (ca. 55 % des Gesamtausstoßes) wird auf dem parallelen Hauptextruder verarbeitet, die Außenschicht auf den beiden konischen Coextrudern. Die Ausstoßleistung beträgt 800 bis 1000 kg/h.

Eine weitere mögliche Extruderkombination, die vor allem für die Kern- oder Schichttechnologie eingesetzt werden kann, zeigt **Bild 4**. Diese Kombination besteht aus dem parallelen Doppelschneckenextruder KMD 90-32/P als Hauptextruder und einem konischen Doppelschneckenextruder KMD 63K/P als Coextruder. Während bei der Kerntechnologie der Coextruder für die Extrusion des Kernmaterials eingesetzt wird, produziert die gleiche Maschine bei der Schichttechnologie die Profilaußenhaut. Mit dieser Extruderkombination wird eine Ausstoßleistung von 450 bis 550 kg/h erreicht.

### Mit Calciumcarbonat optimieren

Qualitativ hochwertige Calciumcarbonate der Omya AG, Oftringen/Schweiz, gewinnen seit Jahren auch als funktionale Additive an Bedeutung. Mit solchen Produkten lassen sich auch im Fensterprofil deutlich höhere Füllgrade realisieren als bisher üblich, wie in einer Studie eindrucksvoll bewiesen werden konnte. Steigende Rohstoffpreise können so unter Erfüllung der Profilqualitätsanforderungen teilweise ausgeglichen werden.

Moderne Extrusionsanlagen dispergieren dank längerer Vorwärmzonen und entsprechender Schneckenauslegungen auch höhere Anteile der eingesetzten Calciumcarbonate sehr gut – eine Voraussetzung, um die geforderten mechanischen und optischen Profileigenschaften gewährleisten zu können.

Der Einsatz höherer Mengen eines optimalen Calciumcarbonats wirkt sich po-

sitiv auf verschiedene Prozessparameter und regulierend auf Produktschwankungen aus. Es verbessert die Homogenität der Schmelze. Dabei werden Differenzen der Temperaturverteilung in der Schmelze, wie sie etwa bei Strömungsrichtungsänderungen oder beim Auftreffen auf einen Kern entstehen, wirksam reduziert.

Weiterhin verbessert sich das Oberflächenfinish der Profile – Inhomogenitäten wie die Streifigkeit- und Glanzunterschiede innerhalb eines Profils sowie mehrerer Profile zueinander nehmen ab.

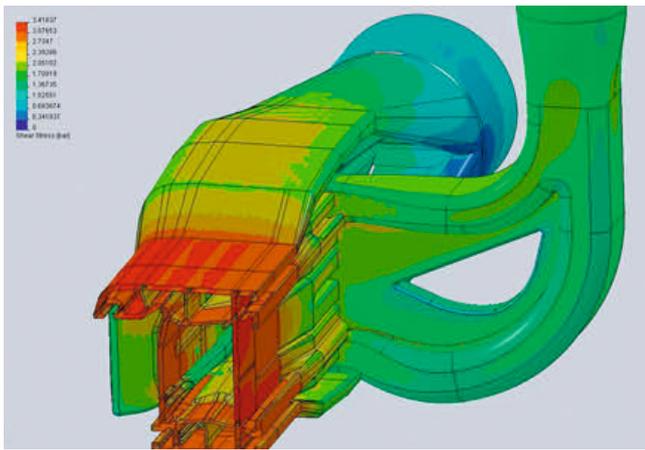
Bei der Berechnung des Einsparpotenzials ist zu beachten, dass bei erhöhtem Calciumcarbonatanteil und gleichen Wanddicken das Profilmetergewicht ansteigt. Bedingt durch die mit höherem Calciumcarbonatgehalt steigende Schüttdichte des PVC-Dryblends sowie der volumenkonstanten Extruderfahrweise bleibt bei unveränderter Schneckendrehzahl die Profilmeterleistung jedoch weitgehend konstant.

Calciumcarbonat verbessert auch die Wärmeabfuhr in den Nachfolgeeinrichtungen. Die schnellere Abkühlung der Profile ermöglicht höhere Abzugsgeschwindigkeiten und damit eine Anhebung der Schneckendrehzahl des Extruders. Dies führt letztendlich zu einer Steigerung des Profilausstoßes.

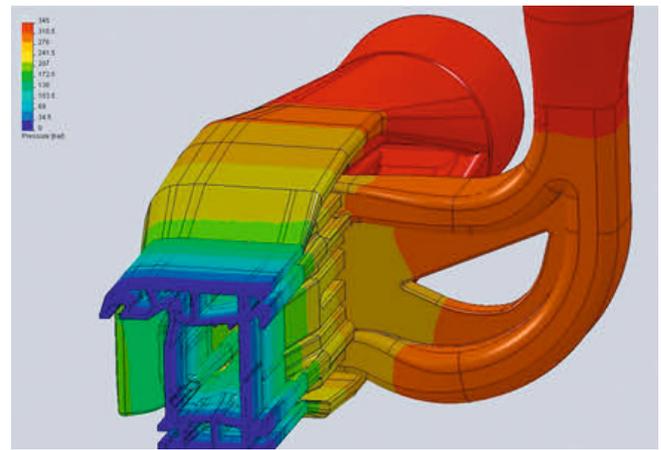
### Zentrale Rolle der Stabilisatorsysteme

Wie bei den meisten PVC-Anwendungen fällt auch bei der Coextrusion von Fensterprofilen den Stabilisatorsystemen eine zentrale Rolle zu. Diese Multikomponentensysteme, wie sie von der Baerlocher GmbH, Unterschleißheim, angeboten werden, stabilisieren das PVC bei der Verarbeitung auf heißen Maschinen, regulieren den Schmelzfluss und bestimmen Oberflächenbeschaffenheit und Farbe des

i	Kontakt
<p><b>Baerlocher GmbH</b>  D-85716 Unterschleißheim  TEL +49 89 14373295  → <a href="http://www.baerlocher.com">www.baerlocher.com</a></p>	
<p><b>Omya International AG</b>  CH-4665 Oftringen  TEL +41 62 789 2929  <a href="http://www.omya.com">www.omya.com</a></p>	
<p><b>KraussMaffei Technologies GmbH</b>  D-80997 München  <a href="http://www.kraussmaffeiberstorff.com">www.kraussmaffeiberstorff.com</a></p>	
<p><b>Greiner Extrusion GmbH</b>  A- 4542 Nußbach/Österreich  <a href="http://www.greiner-extrusion.com">www.greiner-extrusion.com</a></p>	



**Bild 2. FEM-Simulation der Wandschubspannung in der Coextrusionsdüse**  
(Bild: Greiner Extrusion)



**Bild 3. FEM-Simulation der Druckverteilung in der Coextrusionsdüse**  
(Bild: Greiner Extrusion)

Endprodukts. Verschiedene Rohstoffe werden zu sogenannten One-Packs zusammengefasst und den jeweiligen Kundenanforderungen entsprechend ausbalanciert.

Auf dem Fensterprofilmarkt der EU haben sich – auch durch die freiwillige Selbstverpflichtung „Vinyl 2010“ – in den letzten Jahren Calcium/Zink-basierte Stabilisierungssysteme durchgesetzt. Auch kostenseitig ergeben sich durch den Einsatz von Calcium/Zink-Stabilisatoren Vorteile gegenüber klassischen Blei-Systemen. Dies gilt insbesondere für die coextrudierte Kernschicht, da bei diesem Einsatzzweck auf farbstabilisierende Co-Stabilisatoren verzichtet werden kann.

### Prozess beherrschbar

Im Rahmen umfassender Versuchsreihen des fachübergreifenden Netzwerks, das sich aus den Firmen Baerlocher, Greiner Extrusion, Omya und KraussMaffei Berstorff gebildet hat, wurde die Optimierung von Formulierungen mit erhöhtem Calciumcarbonat-Anteil betrieben. Als Stabilisierungssystem fungierte ein modernes Calcium/Zink-One-Pack. In einer definierten Maschinenumgebung und mit konsistenten Werkzeugtemperaturen wurden verschiedene PVC-Fensterprofil-Formulierungen mit unterschiedlichen Calciumcarbonat-Anteilen für die Coextrusion erprobt.

Da nicht für jeden Profilverhersteller ausreichende Rezyklatmengen für Kernformulierungen zur Verfügung stehen, wurden hochgefüllte Kernmischungen eingesetzt und mit speziellen Formulierungen für die Profilaußenschicht kombiniert. Zielsetzung war, Kosteneinsparungen sowohl bei den Rohstoffen als auch im Herstellprozess der Fensterprofile zu erreichen, ohne Abstriche bei der Qualität zuzulassen.

Dabei zeigte sich, dass alle Formulierungen mit einem Calciumcarbonat-Anteil von bis zu 20 phr ohne Probleme verarbeitet werden konnten. Anpassungen am Gleitmittelsystem ermöglichten die Einstellung der optimalen Plastifizierung auch bei erhöhtem Calciumcarbonatanteil.

### Profile erfüllen Anforderungen

Hinsichtlich der Parameter Maßhaltung, Schrumpfung und Metergewicht konnten die

mit den untersuchten Formulierungen hergestellten Profile überzeugen. Der mit dem Calciumcarbonatanteil linear steigende E-Modul führt zu höherer Profilsteifigkeit. Der Schrumpfung lag im akzeptablen Bereich von bis zu -1,8 % und verringerte sich mit steigendem Mineralgehalt.

Hinsichtlich der Warmlagerung ergaben sich durch den gestiegenen Calciumcarbonatanteil keine Veränderungen. Durch die richtige Wahl der Calcium/Zink-Stabilisierung erreichten die

**Bild 4. Extruderkombination aus parallelem Doppelschneckenextruder als Hauptextruder und einem konischen Doppelschneckenextruder**

(Foto: KraussMaffei Berstorff)



Werte für die Thermostabilität (gemessen als DHC-Wert) sowohl bei der Außenschicht als auch bei den Kernformulierungen die üblicherweise geforderten 40 min. Feine Calciumcarbonattypen erhöhten die DHC-Werte zusätzlich.

Im Rahmen der Arbeit wurden die Kerbschlagzähigkeit und die Eckfestigkeit der gefertigten Profile gemessen. Es zeigte sich bei konstant gehaltener Masstemperatur eine Verminderung der Schlagzähigkeit mit steigendem Mineralgehalt, wobei die ermittelten Werte über dem geforderten Mindestwert von 45 kJ/m<sup>2</sup> lagen. Der Kugelfalltest wurde ebenfalls bestanden. Eine Erhöhung der Masstemperatur sowie der Einsatz eines feineren Calciumcarbonats führten wiederum zu einer deutlichen Verbesserung der Kerbschlagzähigkeit. Die Eckfestigkeit lag deutlich über dem für das Profil berechneten Mindestwert von 2244 N.

Optische Aspekte spielen bei Kernformulierungen keine Rolle, daher wurden in dieser Hinsicht nur die Formulierungen der Außenschicht bewertet. Die Farbwerte wurden von der Menge des Calciumcarbonats wenig verändert, der Calciumcarbonattyp hatte dagegen einen größeren Einfluss. Durch den Einsatz ge-

eigneter Schönungspigmente konnte die Profilarbe aber in allen Fällen anforderungsgerecht eingestellt werden.

Generell sinkt der Glanz, je höher die Mineralzugabemenge gewählt wird. Eine höhere Feinheit des Calciumcarbonats wirkt sich dagegen positiv auf den Glanz aus. So kann der Profilglanz auch bei steigenden Mineralmengen in Kombination mit einer optimierten Gleitmitteleinstellung stabil gehalten werden.

### Fazit

Die Hersteller von Fensterprofilen können sich über die Coextrusion auf die Herausforderungen des Marktes einstellen. Die Verwendung kostengünstiger Kernsysteme und der kontrollierte Einsatz geeigneter Calciumcarbonate tragen zur Kostensenkung bei. Die Amortisation des höheren Technologieaufwands kann durch Nutzung von speziellen Kalkulationsprogrammen der Firma Greiner Extrusion individuell berechnet werden. ■

### DIE AUTOREN

DR. JÖRG FRÖHLICH, geb. 1974, ist Produktentwickler für PVC-Stabilisatoren für Profilanwendungen bei der Baerlocher GmbH, Unterschleißheim.

JÜRGEN LEONHARDT, geb. 1964, ist Projektingenieur bei der Omya International AG, Oftringen/Schweiz

HANS-PETER SCHNEIDER, geb. 1955, ist Leiter verfahrenstechnische Entwicklung Doppelschneckenextruder für die Marke KraussMaffei Berstorff bei der KraussMaffei Technologies GmbH, München;

[hans-peter.schneider@kraussmaffei.com](mailto:hans-peter.schneider@kraussmaffei.com)

BERNHARD FISCHER, geb. 1968, ist Leiter Innovationsmanagement für Extrusionsanlagen mit Schwerpunkt Fensterprofilwerkzeuge bei der Greiner Extrusion GmbH, Nußbach/Österreich;

[bernhard.fischer@greiner-extrusion.at](mailto:bernhard.fischer@greiner-extrusion.at)

### SUMMARY INNOVATIVE PROCESS COST OPTIMIZATION

PVC WINDOW PROFILES. Functionalized calcium carbonates allow significantly higher levels of fillers in co-extrusion, whilst at the same time improving processing and the surface finish of PVC window profiles. Finally, a higher filler level combined with specific co-extrusion technology and an increased use of recycle results in considerable cost saving potential.

Read the complete article in our magazine *Kunststoffe international* and on [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)