

Die neue Schnecke „HPS-Physical Foaming“ ist universell einsetzbar und bietet eine verbesserte Plastifizierleistung. © KraussMaffei

## KraussMaffei zeigt nach zwei Jahren Laborarbeit leistungstärkere Universalschäumschnecke

# 30 Prozent höhere Plastifizierleistung

Seit über 20 Jahren bietet KraussMaffei das physikalische Schäumen von Kunststoffen an. Nun nahm das Team alle dafür am Markt vorhandenen Schneckentypen unter die Lupe und untersuchte fast zwei Jahre lang deren Stärken und Schwächen in Bezug auf verschiedene Materialien. Das Ergebnis: eine neue universelle Schäumschnecke mit einer 30 Prozent höheren Plastifizierleistung plus ein Wissensbaukasten, mit dem man Sonderanfertigungen für spezielle Projekte realisieren kann.

**D**as physikalische Schaumspritzgießen ist ein weites Feld – insbesondere Anwendungen des MuCell-Verfahrens (Anbieter: Trexel) sind ein wachsender Markt. Im Zuge der nun allgemein angestrebten Ressourcenschonung und der politisch und kundenseitig geforderten Verringerung des CO<sub>2</sub>-Abdrucks wird es immer häufiger genutzt, weil sich damit Leichtbau-Anwendungen einfach umsetzen lassen. Beim Thermoplast-Schaumspritzgießen (TSG) wird der Schmelze ein physikalisches Treibmittel (oft Stickstoff) zugesetzt, das in der Kavität eine zelluläre Struktur ausbildet.

Damit kann man im Vergleich zu kompakt gefertigten Bauteilen signifikant Material sparen und das Bauteilgewicht verringern [1].

Da das Gas die Viskosität der Schmelze reduziert, werden bei dünnwandigen Bauteilen längere Fließwege möglich. Durch das Schäumen kann der Nachdruck entfallen und es entstehen verzugsarme Bauteile. Bei kunststoffgerechter Gestaltung der Bauteile lässt sich durch den Entfall des Nachdrucks zudem die Zykluszeit verkürzen. Infolge des geringeren Druckbedarfs kann wiederum die Schließkraft reduziert werden –

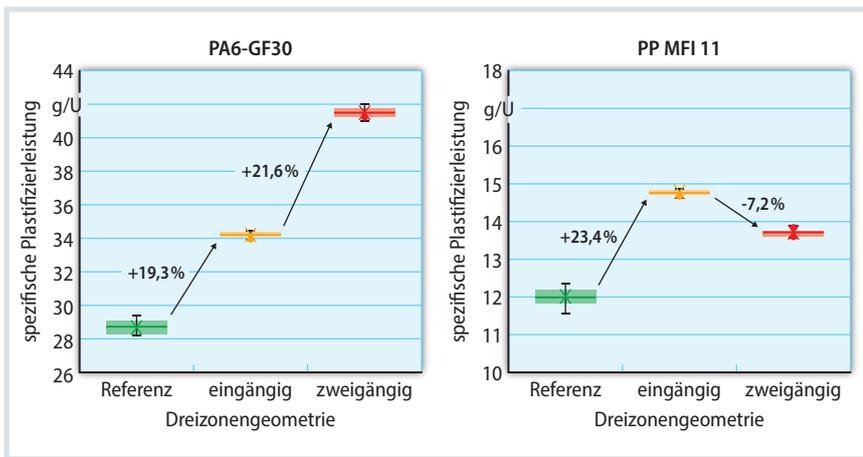
der Energieverbrauch der Spritzgießmaschine sinkt [2,3].

Um zu verstehen, welche zentrale Rolle die Schnecke dabei spielt und warum die Plastifizierungsentwicklung von KraussMaffei Verbesserungsbedarf sah, ist es sinnvoll, sich den Prozess im Detail zu betrachten.

Bevor das Treibgas injiziert werden kann, muss das Material vollständig aufgeschmolzen und homogenisiert sein. Hierfür besitzt die MuCell-Schnecke die allgemein vertraute Dreizonen-Geometrie. Bei Stickstoff handelt es sich um ein Inertgas, das nur in kleinsten Mengen



**Bild 1.** Bisherige Schneckengeometrie für das physikalische Thermoplast-Schaumspritzgießen. © KraussMaffei



**Bild 2.** Unterschied der spezifischen Plastifizierleistung zwischen Referenz, eingängigem und zweigängigem Dreizonenbereich; links PA6-GF30, rechts PP MFI 11. Quelle: KraussMaffei; Grafik: © Hanser

in der Kunststoffschmelze gelöst werden kann. Um eine genaue Dosierung und eine gute Löslichkeit zu erzielen, muss es als überkritisches Fluid vorliegen. Dies wird erreicht, indem man sich sowohl oberhalb des kritischen Drucks als auch der kritischen Temperatur befindet. Bei Stickstoff liegen diese Werte bei 33,9 bar und -147°C. Da man sich im Thermoplast-Spritzgießprozess immer oberhalb der genannten Temperatur bewegt, gilt es lediglich, den Druckwert über 33,9 bar zu halten, solange sich die Schmelze im Plastifizierbereich befindet. Erst durch den in der Einspritzphase auftretenden Druckabfall in der Kavität soll die Schmelze an Treibgas übersättigen und der Aufschäumprozess starten [4, 5].

Das Schmelze-Gas-Gemisch ist sehr niedrigviskos, sodass der kritische Druck nur mithilfe eines Sperrelements (zum Beispiel einer Rückströmsperre, RSP) aufrechterhalten werden kann. Dieses Sperrelement hat die Aufgabe, einen zu hohen Druckabfall zu verhindern. Es befindet sich an der Schnecke unmittelbar vor der Gas-Injektorposition und trennt den Dreizonenbereich vom Misch- und Bega-

sungsbereich (Bild 1). Nach Ende des Dosiervorgangs schließt dieses Sperrelement, zum Beispiel eine mittlere Rückströmsperre (M-RSP), und gewährleistet ein reproduzierbares Druckniveau, das Voraussetzung für einen stabilen und reproduzierbaren Prozess mit gleichem Schäumgrad und möglichst geringer Schussgewichtstoleranz ist.

### Neue Universalschäumschnecke gefordert

Da die MuCell-Kunden von KraussMaffei sehr unterschiedliche Anwendungen mit verschiedenen Materialien umsetzen, war die Anforderung klar: Es sollte eine neue universelle Schäumschnecke geschaffen werden. Am Anfang der zweijährigen Analyse- und Testphase standen vor allem zwei Fragen:

- Wie lässt sich die Plastifizierleistung verbessern?
- Und kann man vielleicht auf die M-RSP verzichten?

Bislang war es nötig, für MuCell-Anwendungen größere Schneckendurchmesser zu verwenden als für das Kompaktspritz-

gießen, weil durch Begasungszone und M-RSP nicht die gesamte Schneckenlänge für Aufschmelzen und Homogenisierung zur Verfügung stand. Wo sonst eine 80-mm-Schnecke genügt, brauchte es 90 oder 100 mm – somit ergaben sich höhere Kosten. Die M-RSP wiederum wurde von Anwendern oft als Engstelle (Scherung und Schädigung des Kunststoffes) und als Verschleißstelle der Plastifizierung hinterfragt.

Um alle Bereiche der Schnecke gezielt untersuchen zu können, entwickelte KraussMaffei ein modulares Konzept, bei dem sich verschiedene Ausführun- ➤

## Info

### Text

**Dr.-Ing. Andreas Robeck** ist Development Engineer Plastification Technology bei der KraussMaffei Technologies GmbH, Parsdorf;  
andreas.robeck@kraussmaffei.com

**Fabian Himbert, B.Eng.,** ist Working Student Plastification Technology bei KraussMaffei; fabian.himbert@kraussmaffei.com

**Andreas Handschke** ist Technology Manager CellForm (MuCell) bei KraussMaffei; andreas.handschke@kraussmaffei.com

**Dipl.-Ing. Thomas Hungerkamp** ist Development Engineer Plastification Technology bei KraussMaffei; thomas.hungerkamp@kraussmaffei.com

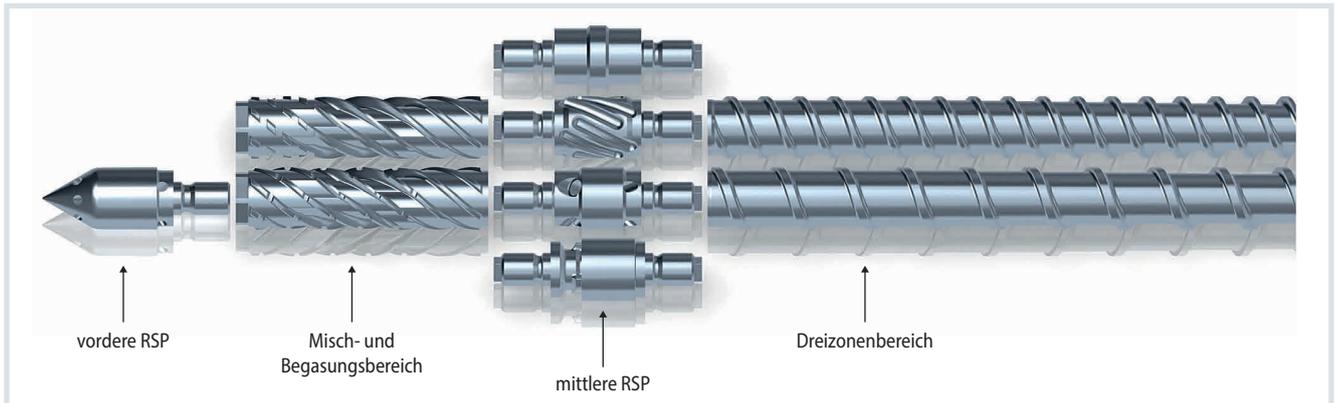
**Prof. Dr.-Ing. Jens Liebhold** ist Head of Plastification Technology and Materials Engineering bei KraussMaffei; jens.liebhold@kraussmaffei.com

### Service

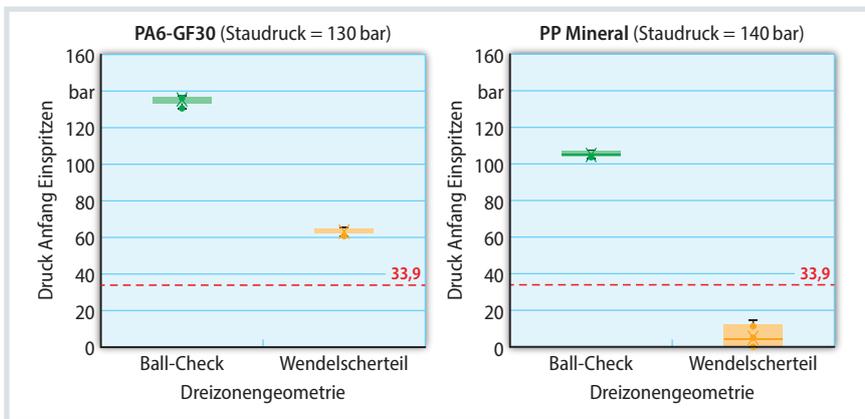
Weitere Infos zum Anlagenhersteller:  
[www.kraussmaffei.com](http://www.kraussmaffei.com)

### Literatur

Das Literaturverzeichnis finden Sie unter  
[www.kunststoffe.de/onlinearchiv](http://www.kunststoffe.de/onlinearchiv)



**Bild 3.** Modulares Schneckenkonzept: Die einzelnen Funktionsbereiche der Schnecke können beliebig kombiniert werden. Die Verbindung der einzelnen Elemente erfolgt über Verschraubungen. © KraussMaffei



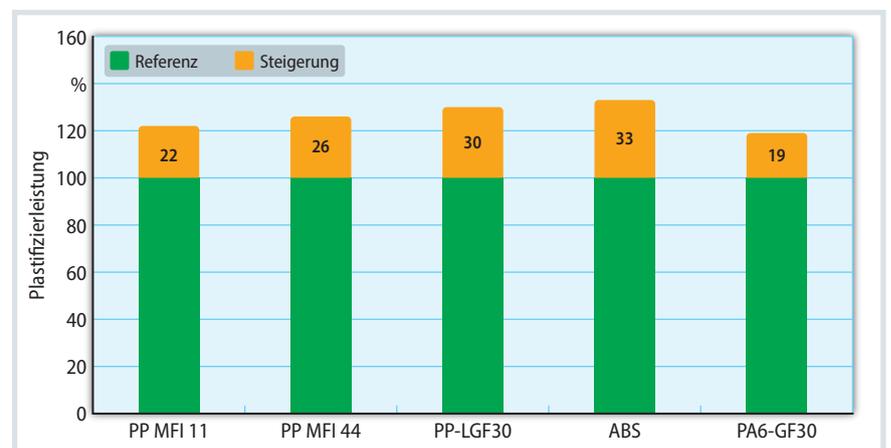
**Bild 4.** Vergleich der Druckniveaus vor dem Einspritzen. Für PA6-GF30 liegt der Druck bei beiden Elementen oberhalb des kritischen Drucks von 33,9 bar. Für PP Mineral liegt er einmal oberhalb und einmal unterhalb. Quelle: KraussMaffei; Grafik: © Hanser

gen von Misch- und Begasungsbereich, M-RSP und Dreizonenbereich austauschen und mittels Verschraubung kombinieren lassen. Analysiert wurden zwei Dreizonenbereiche, zwei Misch-Geometrien sowie vier mittlere Rückströmperren (M-RSP), bestehend aus Scherelementen unterschiedlicher Spaltweiten, dem Standard-Ball-Check und einer ringförmigen M-RSP. Als Referenzgröße für die Ergebnisse diente die bestehende Schäumsschnecke (Bild 1). Die Tests führten die Entwickler mit sieben verschiedenen Materialien durch (Tabelle 1).

### Maßnahmen zur Optimierung der Plastifizierleistung

Zunächst ging es darum, die Plastifizierleistung und dafür den Dreizonenbereich zu optimieren. Dessen Länge betrug bislang das 15-Fache des Schneckendurchmessers (15D). Analysen ergaben aber, dass sich der Misch- und

Begasungsbereich (bislang 6D) ohne Qualitätsverlust um 2D verkleinern ließ. So konnte der Aufschmelz- und Homogenisierungsbereich auf 17D wachsen, was sich auch günstig auf das Verschleißverhalten auswirkte.



**Bild 5.** Die neue Schnecke HPS-Physical Foaming steigert die spezifische Plastifizierleistung, wie hier an ausgewählten Kunststoffen ersichtlich. Quelle: KraussMaffei; Grafik: © Hanser

War der Dreizonenbereich eingängig ausgeführt, stieg die Plastifizierleistung um etwa 20% im Vergleich zur bisherigen Schnecken-Geometrie. Mit einem zwei-gängigen Dreizonenbereich erhöhte sie sich bei einem glasfasergefüllten Polyamid 6 sogar um weitere 20%. Jedoch kam es bei einem ungefüllten PP MFI 11, je nach Höhe des Staudrucks, zu einer Abnahme der Plastifizierleistung (Bild 2). Beim Einsatz niedrigviskoser Kunststoffe kehrte sich der Effekt noch mehr ins Negative und führte zu einem starken Einbruch der Plastifizierleistung. Für die angestrebte neue Universalschäumsschnecke HPS-Physical Foaming galt es also die eingängige Variante zu wählen.

### Optimierung der Rückströmperre

Einen weiteren Schwerpunkt der Laborarbeit stellte die M-RSP dar, da es hierfür auf dem Markt eine Vielzahl grundverschiedener Lösungen gibt, von denen

hier vier berücksichtigt wurden (**Bild 3**). Die Hauptfunktion der M-RSP ist es, den Druck in der Zeit zwischen Dosieren und Einspritzen über dem kritischen Wert (bei Stickstoff 33,9 bar) zu halten und einen Rückfluss der gasbeladenen Schmelze in Richtung Einzug zu verhindern. Grundsätzlich kann diese Aufgabe ein unbewegliches Widerstandselement (wie ein Wendelscherteil) oder eine bewegliche Rückströmsperre (etwa ein Ball-Check) erfüllen. Zusätzlich soll die Kunststoffschmelze während des Dosiervorgangs die M-RSP leicht passieren können, um hohe Plastifizierleistungen und kurze Dosierzeiten bei möglichst geringer Scherung zu gewährleisten.

Die Ergebnisse hinsichtlich der M-RSP zeigen ein differenziertes Bild: Die feststehenden Widerstandselemente in Form des Wendelscherteils und des zylindrischen Scherspalt bieten bei hochviskosen Kunststoffen eine akzeptable Abdichtung bei guten Plastifizierleistungen. Bei PA6-GF30 fiel der Druck in der Phase zwischen dem Ende des Plastifizierens und dem Anfang des Einspritzens im nächsten Zyklus auf etwa 60 bar ab (**Bild 4**). Die Spaltweite hatte dabei keinen signifikanten Einfluss auf das erreichte Druckniveau.

Bei niedrigviskosen Kunststoffen wie mineralgefülltem PP kamen die Widerstandselemente jedoch an ihre funktionalen Grenzen. So fiel der Druck bis zum Anfang des Einspritzens im nächsten Zyklus unter den kritischen Wert (**Bild 4**), was zu Blasenwachstum in der Plastifizierung führte und einen stabilen Prozess schwierig bis unmöglich machte. Streng genommen, müsste der Spalt zwischen Widerstandselement und Zylinderrand also der Viskosität des jeweiligen Kunststoffs angepasst werden, oder es zumindest mehrere Varianten geben.

Der Ball-Check hingegen zeigte sowohl bei hoch- als auch bei niedrigviskosen Kunststoffen ein gutes Abdichtverhalten und hielt den Druck im Mischteil konstant und reproduzierbar über dem kritischen Wert (**Bild 4**). Um die Prozesssicherheit bei vielfältigen Rahmenbedingungen zu gewährleisten und die Entmischung von Gas und Schmelze in der Plastifizierung zuverlässig zu verhindern, wählte man diesen für die neue Schäum-schnecke (**Titelbild**).

Das Ergebnis der Entwicklungsarbeit ist das Modell „HPS-Physical Foaming“,

| Abkürzung  | MFI/MVR                                    |
|------------|--|
| PP MFI 11  | 11 g/10 min (230°C / 2,16 kg)              |
| PP MFI 44  | 44 g/10 min (230°C / 2,16 kg)              |
| PP Mineral | 21 g/10 min (230°C / 2,16 kg)              |
| PP-GF20    | 2 g/10 min (230°C / 2,16 kg)               |
| PP-LGF30   | 2 g/10 min (230°C / 2,16 kg)               |
| ABS        | 34 cm <sup>3</sup> /10 min (220°C / 10 kg) |
| PA6-GF30   | (keine Angabe)                             |

**Tabelle 1.** Kunststoffe, mit denen die auf einem modularen Konzept basierenden Schnecken untersucht wurden. Quelle: KraussMaffei

das sich für unterschiedlichste Materialien eignet und die Plastifizierleistung im Vergleich zur bisherigen Schneckengeometrie um bis zu 30% verbessert (**Bild 5**). Durch den verlängerten Dreizonenbereich erhöht sich die Verweilzeit bis zur M-RSP, was sich günstig auf die Schmelzequalität und das Verschleißverhalten der gesamten Schnecke auswirkt. Beibehalten wurde die Rückströmsperre an der Schneckenspitze, die sich als vorteilhaft für eine hohe Schussgewichtskonstanz erwies.

### Neue Universalschäum-schnecke mit 30 Prozent mehr Plastifizierleistung

Die neue Schnecke ist aber nicht das einzige Ergebnis der zweijährigen Forschungsarbeit, denn in deren Verlauf wurde eine Vielzahl weiterer Analysen gemacht, die dem Team nun wie ein Werkzeugkasten zur Verfügung stehen. Vor allem für Kunststoffverarbeiter mit MuCell-Anwendungen, die über längere Zeiträume den gleichen Kunststoff verarbeiten, ist es mithilfe dieser Erkenntnisse möglich, die optimale Schnecke zu entwickeln, dann beispielsweise mit einem zweigängigen Dreizonenbereich. Durch das modulare Konzept lassen sich auch gezielt Materialtests fahren, ohne jeweils eine neue Schnecke anfertigen zu müssen.

Das physikalische Schaumspritzgießen ist und bleibt eine Technik, die – getrieben vom Wunsch nach Kosten-, Energie- sowie Ressourcenersparnis – immer mehr an Bedeutung gewinnt. KraussMaffei liefert mit der neuen HPS-Physical Foaming die passende Lösung für das TSG-Verfahren. ■