

Verarbeitungsversuche zeigen gute Erfolge, es ist jedoch Fingerspitzengefühl gefragt

## Biokunststoffe im Heißkanal verarbeiten

Der Kölner Compoundeur Bio-Fed und die Günther Heisskanaltechnik GmbH aus dem hessischen Frankenberg haben in verschiedenen Versuchen gezeigt, dass sich auch vermeintlich sensible Biokunststoffe im Heißkanalwerkzeug zuverlässig verarbeiten lassen.

**B**iologisch abbaubare Polymere, die aus Biomasse hergestellt werden, gewinnen bei der Formulierung von Kunststoffcompounds immer mehr Bedeutung. Nicht zuletzt ermöglichen sie die Umsetzung eines nachhaltigen Materialdesigns. Dennoch können sie aufgrund ihrer Scherempfindlichkeit eine Herausforderung für die Verarbeitung darstellen, insbesondere im Fall dünnwandiger Bauteile und schlanker Heißkanäle.

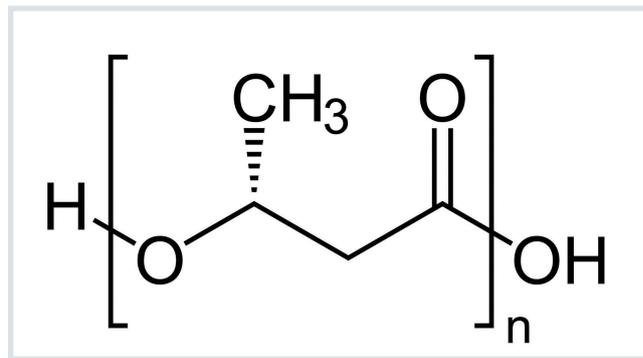
Ein Beispiel dafür sind Polyhydroxyalkanoate (PHA), die aus der Fermentation von Kohlehydraten und Fetten durch Mikroorganismen gewonnen werden [1]. Unter speziellen Bedingungen lassen sie sich gut und bei Raumtemperatur von Mikroorganismen abbauen. Der Oberbegriff PHA [2] umfasst eine ganze Gruppe unterschiedlich aufgebauter Polymere (**Bild 1**) mit einer breiten Varianz an mechanischen Eigenschaften. Für diese Biopolyester wird eine Steigerung der Jahresproduktion von derzeit 50 000 t auf 250 000 t bis 2025 prognostiziert [3]. Der geringe CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und eine hervorragende Bioabbaubarkeit qualifizieren PHA als ideale Komponente für Biokunststoffe, die in verschiedensten Anwendungen ihre Funktion als Ersatz für fossile Rohstoffe erfüllen [4].

### Verarbeitung von PHA-basierten Compounds

Um allgemein nutzbare Erfahrungswerte bei der Verarbeitung derartiger Materialien zu generieren, hat Günther Heisskanaltechnik Versuche mit den von Bio-Fed gelieferten Typen M Vera GP1012 (mit Naturfasern) und GP1045 durchgeführt. Beide sind heimkompostierbare Compounds auf PHA-Basis, die zu 100% aus nachwachsenden Rohstoffen beste-

hen und hochtemperaturbeständig (HDT > 100 °C) sind. Darüber hinaus sind sie für den Kontakt mit Lebensmitteln geeignet.

messern sollten bei der Konstruktion des Werkzeugs vermieden werden, da sie den Schmelzefluss behindern und die Scherwärme erhöhen [5].



**Bild 1.** Chemische Struktur von Poly-(R)-3-hydroxybutyrat (P3HB), einem Vertreter der Polyhydroxyalkanoate.

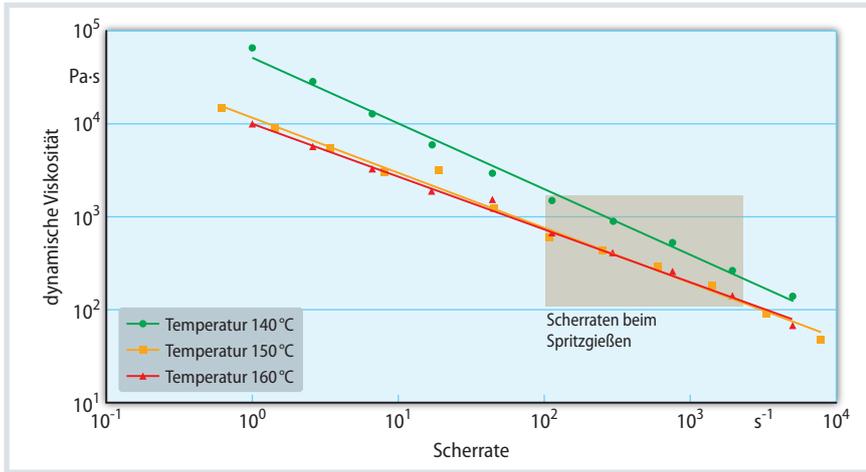
Quelle: Public Domain

Die M-Vera-Compounds können auf konventionellen Spritzgießmaschinen mit universeller Schneckenkonfiguration verarbeitet werden. Sie wurden bereits erfolgreich für verschiedene kommerzielle Anwendungen eingesetzt, zum Beispiel für Verpackungen oder Besteck. Allerdings müssen dabei besondere Bedingungen beachtet werden: PHA-Compounds erfordern moderate Verarbeitungstemperaturen, und die Schmelzetemperatur darf 165 °C nicht überschreiten.

Die niedrigen Verarbeitungstemperaturen erhöhen die Viskosität der Schmelze und damit den Fließwiderstand, daher können im Vergleich zu Standardthermoplasten höhere Spritzdrücke erforderlich sein. Zusätzlich ist es wichtig, hohe Scherkräfte und lange Verweilzeiten zu vermeiden, die zu übermäßiger Wärmeentwicklung und einem möglichen Polymerabbau führen können, insbesondere bei dünnwandigen Anwendungen mit herkömmlichen Kaltkanälen. Düsen, Kanäle und Angüsse mit kleinen Durch-

Eine Rheometeranalyse (**Bild 2**) zeigt den Einfluss unterschiedlicher Schmelzetemperaturen auf die Viskosität von M-Vera GP1012. Bereits zwischen 140 und 150 °C ist ein Viskositätsabfall des Materials zu beobachten, was auf ein kleineres Verarbeitungsfenster im Vergleich zu herkömmlichen Kunststoffen hinweist. Während der Abkühlphase kristallisieren PHA am schnellsten bei 40 °C, sodass die Temperaturkontrolle für einen effizienten Zyklus wichtig ist. Die mechanischen Eigenschaften sind nicht von der Temperatur des Werkzeugs abhängig (**Tabelle 1**).

Das Hauptziel der Zusammenarbeit zwischen Bio-Fed und Günther Heisskanaltechnik ist, das Fließverhalten und die Verarbeitungsstabilität neu entwickelter PHA-Compounds in zwei Heißkanaltypen nach dem Stand der Technik zu analysieren. Damit soll der Anwendungsbereich dieser Biokunststoffe erweitert werden, insbesondere wenn Präzisionsteile mit kurzen Zykluszeiten hergestellt werden sollen.



**Bild 2.** Kapillarrheometer-Analyse von M Vera GP1012 Scherung vs. Viskositäts-Sweep bei verschiedenen Temperaturen. Quelle: Bio-Fed; Grafik: © Hanser

Prüfung	Einheit	Werkzeugtemperatur 40 °C	Werkzeugtemperatur 60 °C	Werkzeugtemperatur 90 °C
E-Modul (5 mm/min)	MPa	2330	2270	2300
Streckdehnung (5 mm/min)	%	3,1	3,3	2,9
Streckspannung	MPa	18,5	18,3	18,2
Zugfestigkeit	MPa	18,5	18,3	18,4
Bruchdehnung	%	4	4,8	5
Bruchspannung	MPa	17,8	17,5	17
Charpy Schlagzähigkeit 23 °C	kJ/m <sup>2</sup>	12,9	14,1	11,2

**Tabelle 1.** Mechanische Eigenschaften von M Vera GP1012 bei verschiedenen Formtemperaturen. Quelle: Bio-Fed

**Spezielle Heißkanaldüsen helfen bei der Verarbeitung**

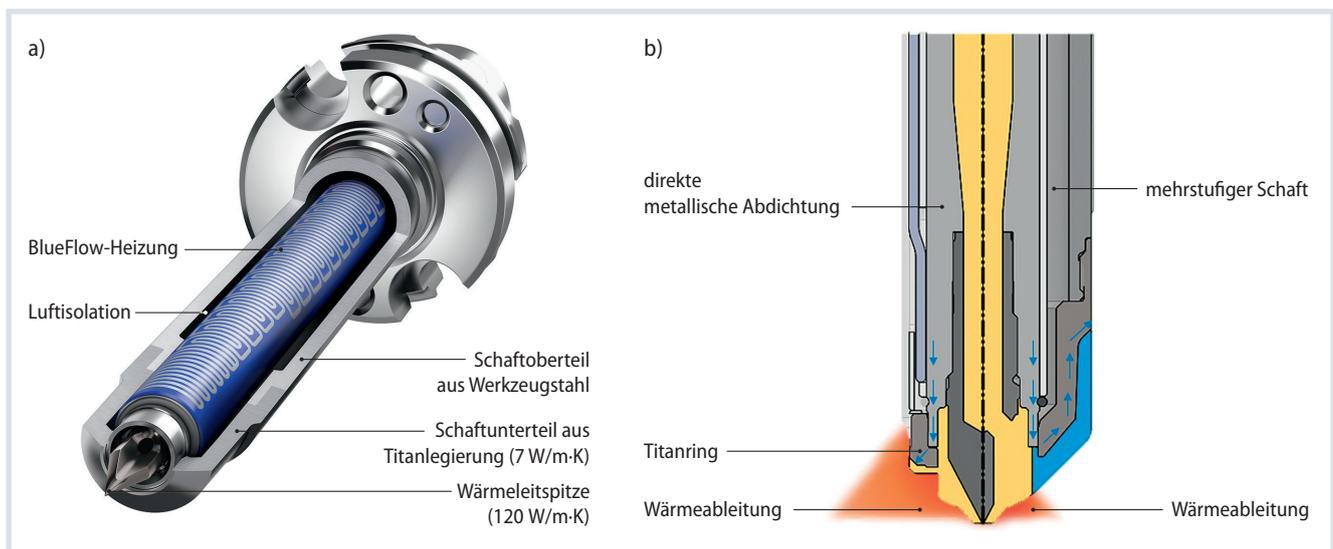
Die Erfahrung zeigt, dass bei der Verarbeitung der Biomaterialien Heißkanal-

systeme mit einem adäquaten Temperaturverhalten eingesetzt werden sollten, um eine thermische Schädigung zu vermeiden. Um ein solches Temperaturverhalten sicher zu gewährleisten, muss

das Heißkanalsystem thermisch und rheologisch entsprechend ausgelegt werden.

Das erforderliche Temperaturverhalten in der Heißkanaldüse wird unter anderem durch die Auslegung der Heizung sowie durch eine gute thermische Trennung zwischen dem temperierten Werkzeug und der erwärmten Heißkanaldüse beeinflusst. Die Heißkanaldüsen von Günther erzielen diese thermische Trennung durch einen zweigeteilten Schaft, der zum einen aus einer Titanlegierung mit einer Wärmeleitfähigkeit von ca. 7 W/(m·K) und zum anderen aus Stahl besteht. Ein Luftspalt zwischen Düsen-schaft und Heizung bewirkt eine zusätzliche thermische Trennung. Durch den Einsatz einer BlueFlow-Heizung (Infokasten S. 49) lässt sich die Heizleistung gezielt verteilen. So sind zum Beispiel im vorderen Bereich der Düse (Spitze) über 50% der gesamten Heizleistung konzentriert. Damit wird sichergestellt, dass eine ausreichende Wärmemenge in die Spitze geleitet wird. Da im mittleren Bereich der Düse keine Wärmeableitung erfolgt, wurde die Heizleistung in diesem Bereich deutlich reduziert, um ein Überheizen zu vermeiden (Bild 3a).

Viele der auf dem Markt erhältlichen Heißkanaldüsen werden mit dem Materialrohr direkt bzw. über einen Titanring im Formeinsatz zentriert. Durch diese metallische Verbindung von Stahl auf Stahl im Bereich des Anspritzpunkts entsteht eine sehr gute Wärmeleitung. Da bekanntermaßen Wärme immer vom heißen »



**Bild 3.** Heißkanaldüse mit Spitze und BlueFlow-Heizung (links) und Wärmeableitung (rechts) durch die metallische Verbindung von Düse zu Formeinsatz. © Günther Heißkanaltechnik



**Bild 4.** In das 2-fach-Heißkanal-Versuchswerkzeug können Wechseleinsätze für verschiedene Probekörper eingebaut werden. © Günther Heißkanaltechnik

**Bild 5.** Schussgewicht 3 g, Durchmesser 60 mm, Wanddicke 1 mm: der Probekörper „Scheibe“. © Günther Heißkanaltechnik



zum kalten Körper fließt, ist ein hoher Wärmeverlust in der Heißkanaldüse zu erwarten (Bild 3b). Die Folge ist, dass die tatsächliche Temperatur in der Heißkanaldüse zum Teil deutlich über die angezeigte hinausgeht. Hierdurch können sensible Polymere – und auch Additive – thermisch geschädigt werden.

Bei der Düse mit zweigeteiltem Schaft ergibt sich ein deutlich geringerer Wärmeverlust und dadurch ein homogenerer Temperaturverlauf ohne massive Temperaturüberhöhungen. Damit lassen sich thermisch sensible Kunststoffe wie PHA problemlos verarbeiten.

### Testwerkzeug für verschiedene Probekörper

Die Verarbeitungsversuche, die im Technikum der Günther Heißkanaltechnik durchgeführt wurden, sollten zeigen, inwieweit sich die ausgewählten M-Veratypen mit unterschiedlichen Heißkanal-

systemen (offen vs. Nadelverschluss) verarbeiten lassen. Die folgenden Punkte wurden bei der Durchführung der Versuche bewertet:

- Parameterfindung für einen stabilen Prozess
- Öffnungsverhalten der Anspritzpunkte / Füllstudie
- maximale Nachdruckzeit beim Nadelverschluss
- Anfahrverhalten nach simulierter Prozessunterbrechung
- Nachweis der Prozessstabilität über einen definierten Zeitraum.

Für die Versuche wurde ein Zweifach-Versuchswerkzeug von Günther (Bild 4) auf einer elektrischen Spritzgießmaschine (Typ: Allrounder 520A 1500–400; Hersteller: Arburg) gefahren. Das Werkzeug ist so aufgebaut, dass auswerferseitig Wechseleinsätze mit verschiedenen Ausführungen von Probekörpern eingesetzt werden können. Die Düsenseite kann wahlweise mit offenen Düsen mit

Spitze oder mit Nadelverschlussdüsen ausgeführt werden.

### Versuche mit offener Heißkanaldüse

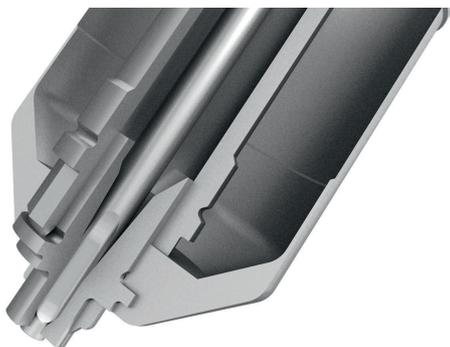
Für die Versuche mit offenem Heißkanal wurden zwei Düsen des Typs 6SHF80 mit Blueflow-Heizung (Bild 3) eingesetzt, bei denen die Wärme über die aus einem gut wärmeleitenden Metall bestehende Spitze in den Anspritzpunkt geleitet wird. Hierdurch wird ein weitgehend gleichmäßiges Öffnungsverhalten an den Anschnitten in Verbindung mit einer guten Qualität des Anspritzpunktes erzielt. In diesem Fall wurden scheibenartige Probekörper (Bild 5) mit einem Anspritzpunktdurchmesser von 1,2 mm gespritzt.

Die PHA-Blends wurden mit einer Prozesstemperatur von 150°C (Spritzgregat und Heißkanal) und einer Werkzeugtemperatur von 40°C verarbeitet. Hierbei war ein stabiler Prozess ohne Druckschwankungen zu beobachten. Die Temperatur der Heißkanaldüsen wurde schrittweise auf 135°C reduziert, ohne dass es zu Prozessschwankungen gekommen wäre.

Eine Füllstudie konnte bei gleichen Düsentemperaturen erstellt werden. Das Wiederanfahren nach einer simulierten Prozessunterbrechung von 15 Minuten war ohne Einschränkungen möglich. Die Qualität des Anspritzpunktes ist für eine Düse mit Spitze als gut zu bewerten. Beim Typ GP1012 wirken die Naturfasern als Nukleierungsmittel: Im Vergleich zum GP1045 konnten die Probekörper mit einer um 5 s kürzeren Abkühlzeit entformt werden. Mit den optimierten Parametern wurden die PHA-Blends in einem stabilen Prozess über einen Zeitraum von einer Stunde verarbeitet.

### Versuche mit Nadelverschlussdüse

Für die Versuche mit dem Nadelverschlussystem wurden zwei Düsen des Typs 8NHT2–80LA eingesetzt. Bei einem Nadelverschlussystem ist das Öffnungsverhalten noch präziser und die Qualität des Anspritzpunktes in Bezug auf Optik und Haptik am besten. Bei der hier eingesetzten Nadelführung Typ LA (Bild 6) ist der Anspritzpunkt in der Nadelführung integriert und damit konturgebend. Die Nadelführung besteht aus einem pulvermetallurgischen Stahl, der sich durch



**Bild 6.** Nadelführung Typ LA, die aus einem verschleißfesten Stahl besteht.

© Günther Heißkanaltechnik

eine hohe Verschleißfestigkeit auszeichnet. Die Nadelführung ist schwimmend in der Düse positioniert und kann im Bedarfsfall einfach, ohne Nacharbeit am Formeinsatz, ausgetauscht werden.

Im Einsatz sind Verschlussnadeln mit einem Anspritzpunkt von 2,0 mm, die mit einer maximalen Nadelschließkraft von 800 N über ein pneumatisch betätigtes Einzelnadelventil bewegt werden. Der gewählte stabförmige Probekörper (**Bild 7**) hat eine Wanddicke von 2 mm und eine Fließweglänge von ca. 90 mm.

Beide M-Vera-Typen GP1045 und GP1012 haben sich bei einer Heißkanaltemperatur von 150°C und einer Werkzeugtemperatur von 40°C in einem stabilen Prozess verarbeiten lassen. Die Nachdruckzeit ist bei den beiden PHA-Typen, wie generell bei Nadelverschluss-systemen, aufgrund des Erstarrungsverhaltens der Schmelze während der Nachdruckphase begrenzt. Bei einer zu

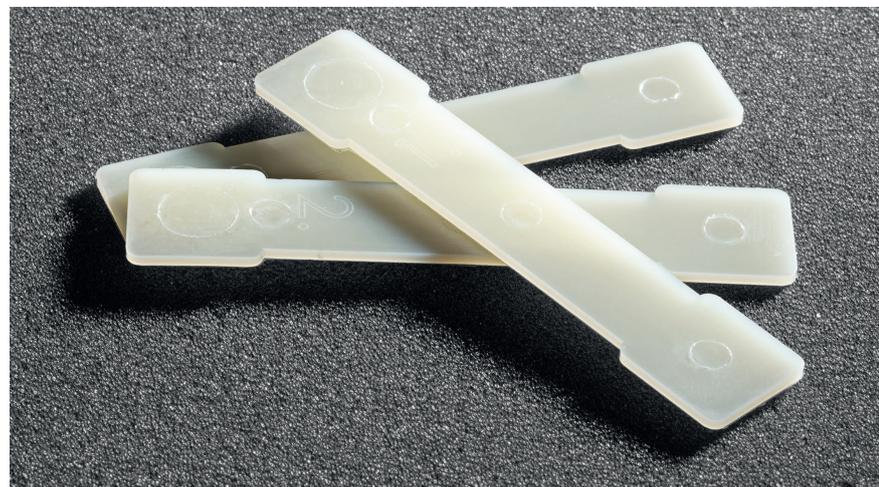
langen Nachdruckzeit kann es beim Schließen der Nadel zu einem Überladen des Artikels oder zu einer Zapfenbildung kommen.

Nach einer simulierten Prozessunterbrechung von 15 Minuten konnte bei beiden Materialtypen der Prozess ohne Einschränkungen wieder gestartet werden. Die ersten Teile zeigten eine leichte Verfärbung.

Sowohl das GP1045 als auch das GP1012 konnten nach einer Kühlzeit von 3 s problemlos entformt werden. Allerdings sind bis zu einer Kühlzeit von 6 s Eindrücke bzw. Verformungen durch die Auswerferstifte erkennbar. Um den Artikel mit einer Wanddicke von ca. 2 mm ohne Verformung bzw. Eindrücke entformen zu können, sollte die Kühlzeit bei über 6 s liegen. Darüber hinaus ist es empfehlenswert, eine angussnahe Temperierung, die separat betrieben werden kann, vorzusehen. Der Spritzdruckverlauf zeigt keine Auffälligkeiten und die Dokumentation der Prozessfähigkeit mit einer Laufzeit von einer Stunde belegt einen stabilen Prozess.

### Fazit

Die Versuche zeigen, dass mit den Standard-Heißkanaldüsen von Günther Heißkanaltechnik als offene (Spitze) und als Nadelverschluss-Variante die beiden PHA-Typen gleichermaßen verarbeitet werden können. Durch den Einsatz der beschriebenen Heißkanaldüsen ist die prozesssichere und schonende Verarbeitung der M-Vera-Typen innerhalb der Vorgaben von Bio-Fed möglich. ■



**Bild 7.** Schussgewicht 4 g, Fließweglänge 90 mm, Wanddicke 2 mm: der Probekörper „Stab“.

© Günther Heißkanaltechnik

## Dickschichtheizer

Die BlueFlow-Heißkanaltechnik verwendet Heizelemente, die auf Basis der Dickschichttechnik hergestellt werden. Hierbei werden die Dielektrikumsschichten und die Heizleiterbahn unter Reinraumbedingungen im Siebdruckverfahren aufgebracht. Folgende Vorteile ergeben sich hierdurch:

- Präzise und homogene Leistungsverteilung über die gesamte Düsenlänge
- Vermeidung von Temperaturspitzen im schmelzeführenden Materialrohr
- Hohe Leistungskonzentration im vorderen Düsenbereich
- Schnelle thermische Reaktion, dadurch geringerer Energieverbrauch und kürzere Zykluszeiten
- Filigraner Aufbau mit geringerem Außendurchmesser, dadurch engere Stichmaße sowie größere Freiheitsgrade für den Temperierverlauf und Direktanspritzung

## Info

### Text

**Dipl.-Ing. Jörg Essinger** ist Leiter Anwendungstechnik & Service der Günther Heißkanaltechnik GmbH, Frankenberg; [essinger@guenther-heisskanal.de](mailto:essinger@guenther-heisskanal.de)

**Dr.-Ing. Alejandro Puentes** ist Development Application Manager bei Bio-Fed, einer Zweigniederlassung der Akro-Plastic GmbH in Köln;

[alejandro.puentes@bio-fed.com](mailto:alejandro.puentes@bio-fed.com)

**Dr. Inno Gaul** ist R&D Director von Bio-Fed; [inno.gaul@bio-fed.com](mailto:inno.gaul@bio-fed.com)

### Service

Weitere Informationen zu Werkstoff- und Heißkanalhersteller:

[bio-fed.com/de/](http://bio-fed.com/de/)

[www.guenther-heisskanal.de](http://www.guenther-heisskanal.de)

### Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter

[www.kunststoffe.de/onlinearchiv](http://www.kunststoffe.de/onlinearchiv)

### English Version

Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)