

Effizienz und spezifischen Energieverbrauch beim Spritzgießen verbessern

Material modifiziert, Zykluszeit reduziert

Die Zykluszeit ist ein wichtiges Kriterium beim Spritzgießen. Wird sie reduziert, steigert das die Produktivität, verringert den spezifischen Energieverbrauch und erhöht die Flexibilität, während die Gesamtkosten pro Bauteil sinken. Verringern lässt sich die Zykluszeit nicht nur durch technische Fortschritte sondern auch durch passende Compounds, wie das Beispiel einer Zusammenarbeit von BASF, Engel und TE Connectivity zeigt.

Die Reduktion der Zykluszeit bei der Fertigung von Spritzgussteilen stellt eine komplexe Herausforderung dar. Dabei spielen Fortschritte in der Werkzeugtechnologie und der Maschinenteknik eine entscheidende Rolle. Ein begrenzender aber optimierbarer Faktor ist außerdem das verwendete Kunststoff-Compound, da die Zeiten bis zum Auswerfen eines stabilen und qualitativ hochwertigen Bauteils davon abhängen.

TE Connectivity, ein Hersteller von Verbindungs- und Sensorlösungen, strebt eine kontinuierliche Optimierung der Produktionsprozesse an, insbesondere bei der Herstellung von Steckverbindern. Dabei hat eine möglichst kurze Zykluszeit einen signifikanten Einfluss auf die Produktivitätssteigerung. Das eingesetzte Kunststoff-Compound stellt einen entscheidenden Faktor für die Gesamtzykluszeit dar. Daher ist die Weiterentwicklung des Materials von entscheidender Bedeutung, um die Zykluszeit zu optimieren. In einem gemeinsamen Entwicklungsprojekt haben TE und BASF die gewünschte Werkstoffoptimierung untersucht. Die beiden Unternehmen arbeiten bereits seit Jahren intensiv zusammen. BASF liefert etwa technische Kunststoffe wie Polybutylenterephthalat (PBT), Polyamid (PA) und Polyphthalamid (PPA) an TE.

Vor mehr als 10 Jahren hat BASF die Compound-Produktreihe „High Speed“ entwickelt und erfolgreich auf dem Markt etabliert. Diese Compounds zeichnen sich durch ein sehr gutes



Fließverhalten, insbesondere bei dünnwandigen Bauteilen aus. Dadurch ermöglichen sie eine Verarbeitung mit kürzeren Einspritzzeiten und niedrigeren Einspritzdrücken. Eine alternative Möglichkeit besteht darin, bei gleichbleibender Fließfähigkeit die Massetemperatur im Vergleich zu herkömmlichen Produkten zu senken (**Bild 1**).

Compounds verkürzen die Zykluszeit

Mit diesen Compounds können die erforderlichen Abkühlzeiten und somit die Zykluszeiten weiter reduziert werden. Die beschleunigte Kristallisation und die zum Teil erhöhte Wärmeformbeständigkeit der High-Speed-Compounds er-

möglichen eine deutlich frühere Entformung im Spritzgießen (**Bild 2**). Die Verwendung von High-Speed-Compounds bietet somit ein großes Potenzial zur Optimierung der Zykluszeit und Steigerung der Effizienz im Spritzgießprozess. Für das gemeinsame Entwicklungsprojekt dienten die Compounds als Grundlage.

Zunächst wurden unter Produktionsbedingungen am Standort von TE in Dinkelsbühl Vergleichsuntersuchungen durchgeführt. Für die initialen Abmusterungen wurde ein eigens compoundiertes PBT-GF15 verarbeitet. Mit den gewonnenen Erfahrungen hat BASF eine eigene Produktreihe, High Productivity Plus (HPP) genannt, entwickelt. Für die Untersuchungen wurden gezielt Bauteile ausgewählt, die bereits mit herkömmlichen Optimierungsmethoden an die Grenze der minimal realisierbaren Zykluszeit gelangen.

Qualität bleibt erhalten

Bereits in den ersten Versuchseinstellungen wurde deutlich, dass die Zeitspanne bis zum Auswerfen des Bauteils bei gleichbleibender Qualität signifikant verkürzt werden kann. Es zeigte sich jedoch, dass die Spritzgießmaschine und der Dosierprozess eine weitere Zykluszeitreduzierung verhindern. Dieser limitierende Faktor kann jedoch durch eine Erhöhung der Schnecken-drehzahl kompensiert werden. Das führt allerdings dazu, dass sich die Verarbeitungsempfehlungen nicht einhalten

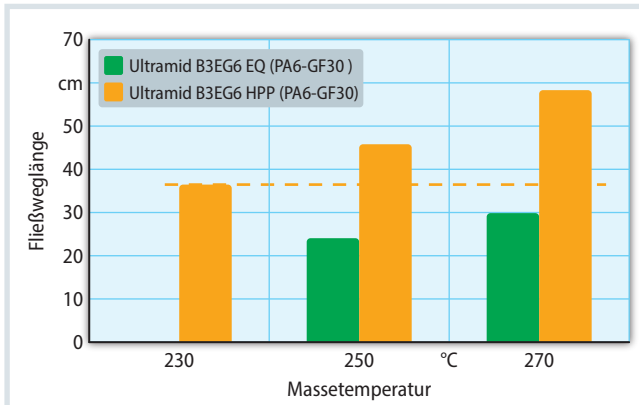


Bild 1. Untersuchungen an Fließspiralen zeigen die sehr gute Fließfähigkeit des PA6-GF30 HPP. Sogar bei niedrigen Massetemperaturen von bis zu 230 °C wird die Fließweglänge von nicht modifiziertem PA6-GF30 bei 270 °C übertroffen. Quelle: BASF; Grafik: © Hanser

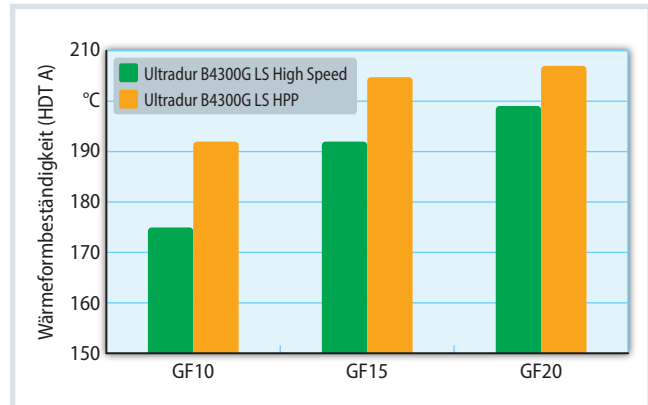


Bild 2. Die Messung zeigt die deutlich höhere Wärmeformbeständigkeit beim optimierten PBT HPP. Diese Eigenschaft ermöglicht das Auswerfen der Bauteile bei höheren Temperaturen und entsprechend kürzerer Abkühlzeit. Quelle: BASF; Grafik: © Hanser

lassen und eine erhöhte Scherung zusätzlichen Wärmeeintrag in das Compound bewirkt.

Für weiterführende Versuchsreihen wurden Maschinen mit größeren Plastifiziereinheiten oder Werkzeuge mit Nadelverschlussystem ausgewählt. Dadurch lassen sich Zykluszeiteinsparungen von bis zu 30 % realisieren. Diese Ergebnisse zeigen das Potenzial für erhebliche Zykluszeitverbesserungen und die Notwendigkeit von Anpassungen an Maschinen und Werkzeugen, um diese Einsparun-

gen zu erreichen. Die Ergebnisse der Untersuchung tragen dazu bei, die Effizienz und Produktivität im Spritzgießprozess weiter zu steigern.

Entformen bei höheren Temperaturen

Die hergestellten Bauteile wurden unter definierten Bedingungen einer internen Freigabe- und Serienprüfung bei TE unterzogen. Um Abweichungen zum Serienmaterial zu identifizieren, wurden nasschemische, thermische und physika-

lische Materialanalysen sowie bauteilspezifische Testreihen durchgeführt. Dabei ließen sich keine anwendungsrelevanten Unterschiede zwischen den entwickelten Materialien und dem Serienmaterial feststellen.

Bei den durchgeführten DSC-Analysen zeigt das Entwicklungsmaterial einen höheren Kristallisationspeak (Median 202 °C) im Vergleich zur fließmodifizierten Variante (Median 195 °C). Die Onset- und Endset-Temperaturen, die den Beginn und das Ende des Kristallisationsprozesses markieren, weisen eine vergleichbare Differenz auf. Das ermöglicht das Entformen der Bauteile bei höheren Temperaturen (**Bild 3**) und trägt zur Zykluszeitreduzierung bei.

Keine Maßabweichungen

Computertomografieaufnahmen zeigen keine relevanten Maßabweichungen zwischen den mit reduzierter Zykluszeit und Experimentalmaterial hergestellten Bauteilen und den Serienbauteilen (**Bild 4**). Der gesamte Entwicklungsprozess und die durchgeführten Untersuchungen wurden im Rahmen einer Bachelorthesis erarbeitet und dokumentiert [1]. Diese Arbeit liefert einen detaillierten Einblick in den Prozess der Zykluszeitreduzierung und zeigt die erfolgreiche Umsetzung des entwickelten Materials in der Praxis.

Die Untersuchungen im Rahmen des Co-Creation-Projekts wurden zunächst im BASF-Technikum und in der Produktion von TE durchgeführt. Dabei war es wichtig, repräsentative Ergeb-

Produktname	Polymer	verfügbare Einfärbungen	Besonderheiten
Ultradur B4300G2 HPP	PBT-GF10	schwarz, lasermarkierbar	optimiert auf Zykluszeitreduktion
Ultradur B4300G3 HPP	PBT-GF15		
Ultradur B4300G4 HPP	PBT-GF20		
Ultramid B3EG6 HPP	PA6-GF30	schwarz und ungefärbt, lasermarkierbar	optimiert auf Zykluszeitreduktion und CTI 600

Tabelle. BASF-HPP-Produktportfolio (High Productivity Plus) Quelle: BASF

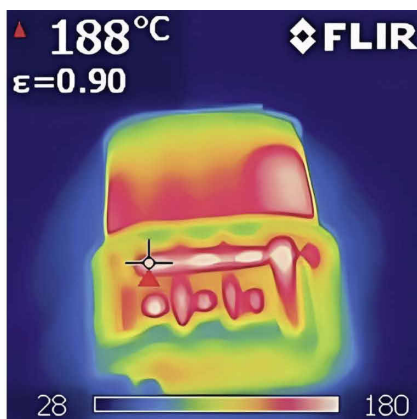
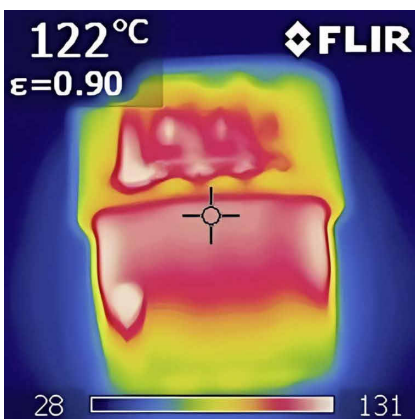
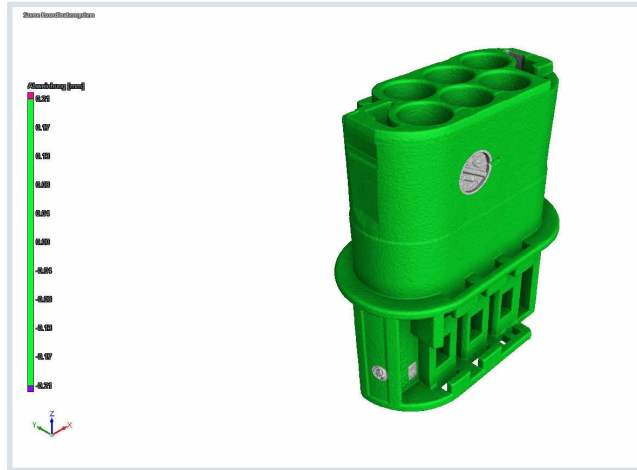


Bild 3. Aufnahmen der Bauteile mit einer Wärmebildkamera unmittelbar nach dem Auswerfen (links das Standard PBT, rechts das optimierte PBT HPP): Bei Einsatz des HPP-Materials können die Bauteile bei deutlich höheren Temperaturen beschädigungsfrei ausgeworfen werden. © TE Connectivity

Bild 4. Bei der Auswertung von CT-Scans des Bauteils, Standard-PBT vs. HPP-Material, zeigt sich keine Maßabweichung trotz signifikant reduzierter Zykluszeit.

© TE Connectivity



nisse auf Maschinen der neuesten Generation in einer neutralen Versuchsumgebung zu generieren. Um sicherzustellen, dass die Versuche unter optimalen Bedingungen durchgeführt wurden, zog man den Spritzgießmaschinenhersteller Engel Austria als zuverlässigen Partner hinzu. Die Expertise und technologische Kompetenz von Engel trug dazu bei, dass die Untersuchungen auf höchstem Niveau durchgeführt werden und die gewünschten Ergebnisse erzielt werden konnten. Außerdem stellte die Zusammenarbeit sicher, dass die Projektergebnisse praxisnah und industrie-relevant sind.

Weiteres Know-how durch Engel

In den Kundentechniken des Maschinenbauers stehen permanent 20 verschiedene Spritzgießmaschinen für Materialversuche sowie Werkzeug- und Maschinentests zur Verfügung. Die Anlagen umfassen einen breiten Schließkraftbereich von 500 bis 55000 kN. Damit kann eine sehr große Bandbreite an Materialien und Schussgewichten abgedeckt werden. Für die fachliche Begleitung von Versuchen sowie den täglichen Support der Kunden hinsichtlich Prozessführung und -optimierung sorgen über 40 erfahrene Anwendungstechniker.

Alle BASF-Produkte des HPP-Portfolios wurden im Technikum von Engel auf vollelektrischen Spritzgießmaschinen verarbeitet. Für die Versuchsreihen wurden zwei unterschiedlich große Steckverbinder gewählt: Für das kleinere Bauteil mit einem Schussgewicht von 37 g kam eine vollelektrische Engel E-mac 465/130 mit 1300 kN

Schließkraft zum Einsatz, der größere Steckverbinder mit einem Schussgewicht von 185 g wurde auf einer vollelektrischen Engel E-motion 940/220 mit 2200 kN Schließkraft hergestellt (**Bild 5**). Dabei kamen bei TE verwendete Spritzgießwerkzeuge auf dem neuesten Stand der Technik zum Einsatz.

Um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, wurde bei allen Material-Bauteil-Kombinationen nach folgendem Ablauf vorgefahren:

- 1. Referenzeinstellung:** Stabiler Produktionszyklus mit Standardmaterial
- 2. Basiseinstellung HPP:** Materialwechsel auf HPP-Material mit identischen Prozessparametern
- 3. Optimierte HPP:** Reduzierung der Zykluszeiten auf absolutes Minimum
- 4. Abbruchkriterien:** Überprüfung auf Deformierungen, Auswerferabdrücke, Materialanhaftungen, Weißbrüche, Fehlstellen und andere für das Spritzgießen typische Defekte

Bis zu 36 % kürzere Zykluszeit

Die vorliegenden Untersuchungen bestätigen die bisherigen Ergebnisse und zeigen, dass erhebliche Einsparungen in der Zykluszeit von bis zu 36 % möglich sind (**Bild 6**). Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass diese Einstellung als absoluter Grenzfall betrachtet werden sollte. Um einen stabilen Produktionsprozess sicherzustellen und potenzielle Störungen zu vermeiden, sollten Pufferzeiten in Betracht gezogen werden. Diese Zeiten ermöglichen eine gewisse Flexibilität und gewährleisten die Einhaltung der

Vorteile auf einen Blick

- Reduzierung der Zykluszeit bei vergleichbarer Materialperformance
- deutliche Einsparungen und einfache Materialumstellung
- signifikante Steigerung des Materialdurchsatzes um durchschnittlich 30 %
- geringerer spezifischer Energieverbrauch durch einen erhöhten Output von durchschnittlich über 15 %
- Beitrag zur Reduzierung von CO₂-Emissionen

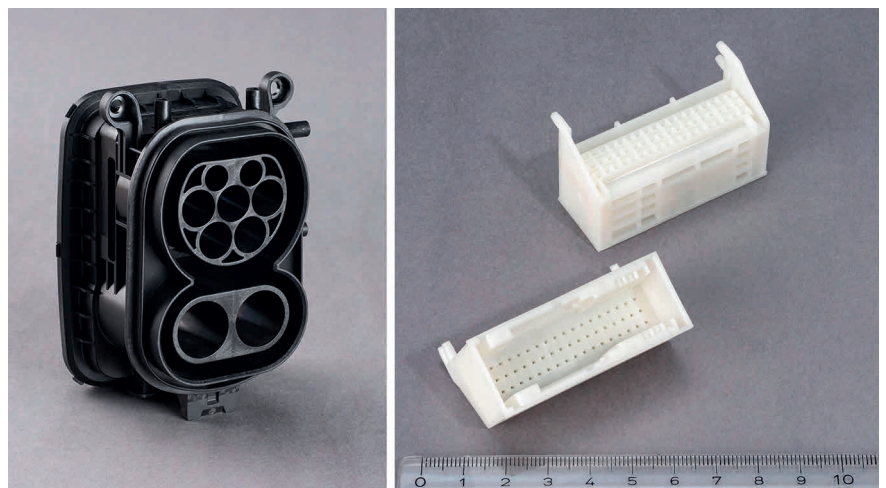


Bild 5. Für die Untersuchungen wurden übliche Charging Inlets (links) und Steckverbinder (rechts) auf zwei unterschiedlichen Spritzgießmaschinen gefertigt. © TE, BASF

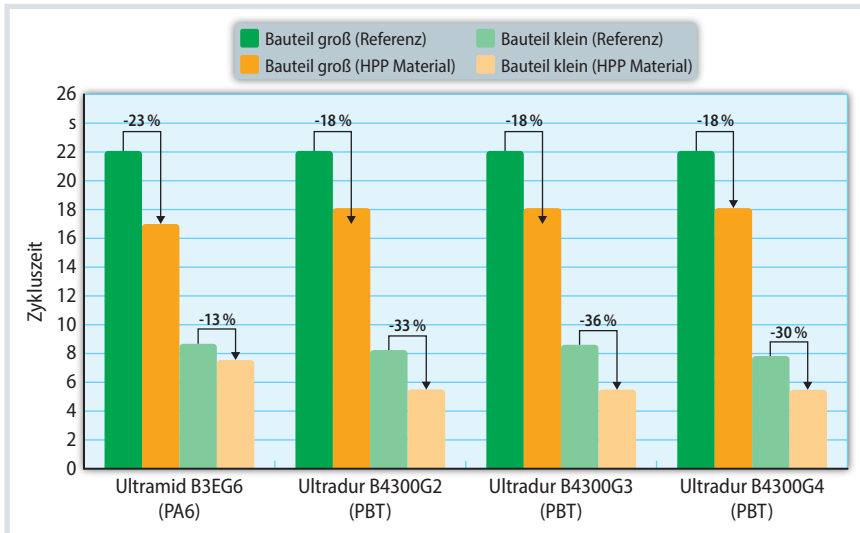


Bild 6. Ergebnisse der gemeinsamen Untersuchungen zur Ermittlung der minimalen Zykluszeit im Technikum von Engel: Es zeigt sich, dass in Abhängigkeit von Bauteilgröße, eingesetztem Glasfasergehalt und Polymertyp durch die HPP-Optimierung bis zu 36 % Zykluszeitersparnis erzielt werden kann. Quelle: Engel; Grafik: © Hanser

Produktionsstandards und -qualität. Eine sorgfältige Planung und Abwägung der optimalen Zykluszeit ist entscheidend, um einen reibungslosen Ablauf des Produktionsprozesses zu gewährleisten.

Im Zuge der Versuchsreihen wurde auch eine Messung des Energieverbrauchs beider Spritzgießmaschinen von Engel durchgeführt. Es zeigte sich, dass durch den deutlich höheren Materialdurchsatz ein wesentlich niedrigerer spezifischer Energieverbrauch erzielt

werden konnte. Bei dem auf der E-Motion hergestellten großen Stecker war eine Reduktion um bis zu 19 %, bei dem kleinen auf der E-mac produzierten von über -22 % möglich.

Fazit

Die Entwicklung von HPP-Materialien ermöglicht somit für Verarbeiter eine Reduzierung der Zykluszeit bei vergleichbarer Materialperformance. Durch eine einfache Materialumstellung können

deutliche Einsparungen erzielt werden. Die mechanischen Eigenschaften weisen nur geringe Unterschiede zu den etablierten Standardmaterialien auf. Dennoch ist eine Materialumstellung immer im Detail zu prüfen.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass durch die reduzierten Zykluszeiten der Materialdurchsatz signifikant gesteigert werden kann, im Durchschnitt um 30%. Das hat direkte Auswirkungen auf die benötigten Maschinen und Werkzeuge. Ein weiterer Vorteil der reduzierten Zykluszeit besteht in einem geringeren Stromverbrauch pro Zyklus. Der spezifische Energieverbrauch, bezogen auf den Materialdurchsatz, kann durch den erhöhten Output um durchschnittlich über 15 % reduziert werden (**Bild 7**). Der wirtschaftliche Aspekt ist bei einem spezifischen Energieverbrauch von 500 Wh/kg zwar nicht ausschlaggebend. Jedoch lassen sich dadurch die CO₂-Emissionen reduzieren.

Aufgrund der positiven Versuchsergebnisse wurde die HPP-Technologie von BASF auf weitere Glasfasergehalte und auch PA6 erweitert (**Tabelle**). Das ermöglicht eine breitere Anwendung der HPP-Technologie und eröffnet neue Möglichkeiten für die Reduzierung der Zykluszeit und die Steigerung der Effizienz in verschiedenen Anwendungsbereichen. ■

Info

Text

Christopher Preger ist Global CoE Leader Molding bei TE Connectivity Germany; cpreger@te.com

Oliver Geißler arbeitet als Teamleiter QA Kunststofflabor Dinkelsbühl bei TE Connectivity Germany; oliver.geissler@te.com

Rainer Zerr ist Key Account Manager bei Engel Deutschland; rainer.zerr@engel.at

Christian Händel arbeitet als Application Engineer Engineering Plastics bei BASF; christian.haendel@basf.com

Service

Weitere Informationen unter

www.te.com

www.engelglobal.com

www.basf.com

Literatur

Das Literaturverzeichnis finden Sie unter www.kunststoffe.de/onlinearchiv

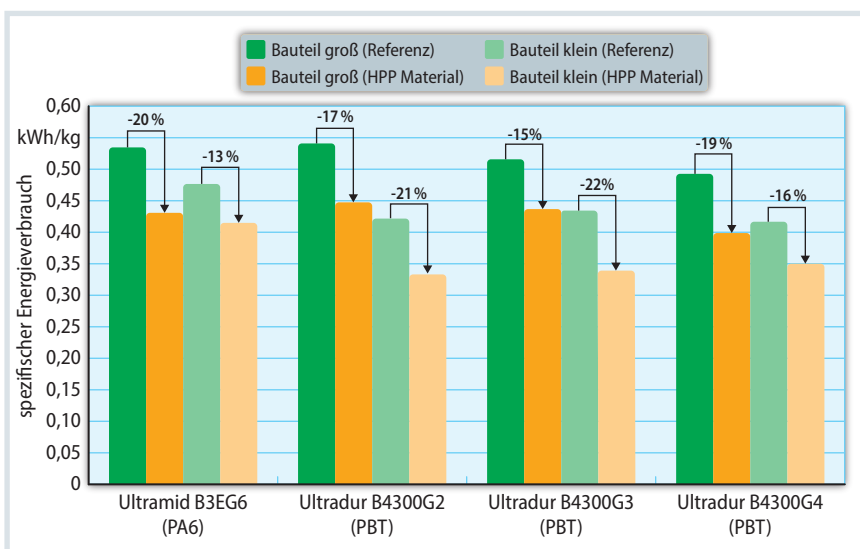


Bild 7. Spezifischer Energieverbrauch der Spritzgießmaschine bezogen auf den Materialdurchsatz: Durch den Einsatz von HPP-Material und gleichzeitig gesteigertem Materialdurchsatz reduziert sich der spezifische Energieverbrauch der Spritzgießmaschine um durchschnittlich etwa 15 %.

Quelle: Engel; Grafik: © Hanser