

# Kunststoffe

WERKSTOFFE – VERARBEITUNG – ANWENDUNG

## WERKZEUGTECHNIK

Schichtweises  
Spritzgießen dickwandiger  
optischer Teile

Seite 126

## SPECIAL

Vorbericht  
23. Fakuma

Seite 33

## MASTERBATCHES

Dank spezifischer Master-  
batches nicht normgerechtes PP  
wie Neuware verarbeiten

Seite 176



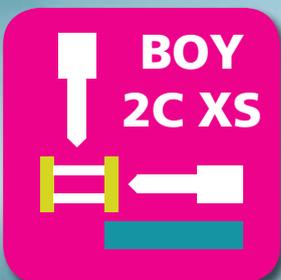
Servo-Antrieb



Technologie



Procan ALPHA® 2



Multi-K-Technik



Für maximale Maschinen-Effizienz

[www.dr-boy.de](http://www.dr-boy.de)

**BOY**  
Spritzgiessautomaten

# Effizient und vielseitig

## *Pelletierte Siliconadditive für Thermoplaste*

Hersteller und Verarbeiter thermoplastischer Compounds stehen in einem scharfen internationalen Wettbewerb. Sie suchen daher Wege, ihre Kosten zu senken und die Wertschöpfung zu steigern. Helfen kann ein hoch-effizientes Siliconadditiv, das universell für alle Thermoplaste geeignet ist und sich problemlos verarbeiten lässt.



Niederspannungskabel mit Ummantelung aus Polyolefin (Bilder: Wacker Chemie)

**S**iliconadditive sind in der Kunststoffindustrie für ihre reibungsvermindernde Wirkung bekannt und werden seit den 1970er-Jahren bei der Compoundierung von Thermoplasten eingesetzt [1]. Durch Zusatz von Siliconen, in der Regel eines Polydimethylsiloxans, lassen sich die Verarbeitungs- und Oberflächeneigenschaften von Kunststoffen verbessern [2].

Im Vergleich zu organischen Additiven mit ähnlicher Wirkung bieten Polydimethylsiloxane einige Vorteile: Ihre Ober-

flächenenergie ist mit 20 mN/s äußerst gering. Deshalb sind Silicone in der Schmelze fast aller organischen Polymere unlöslich und reichern sich an den Grenzflächen an. Auch in der thermischen Beständigkeit und in der Kälteflexibilität sind Siliconadditive organischen Additiven überlegen.

### *Formulierung mit 70 % Silicon*

Bis zur Jahrtausendwende wurden Siliconadditive eher zurückhaltend einge-

setzt. Grund hierfür waren Probleme, die mit dem Einsatz der damals verwendeten Produkte verbunden waren: Siliconöle tendieren dazu, aus dem Kunststoff auszuwandern. Tritt Silicon aus der Kunststoffoberfläche aus, kommt es zum sogenannten Blooming. Dadurch können nachfolgende Bearbeitungsschritte wie Lackierungen und Laminierungen erschwert werden, denn das ausgetretene Silicon kann auf die Oberfläche der benachbarten Teile kriechen und so die Umgebung kontaminieren.

**Tabelle 1.** Zusammensetzung der getesteten PP/Talk-Systeme: Die reibungsvermindernden Wettbewerbsprodukte 1 und 3 sind siliconbasiert, Wettbewerbsprodukt 2 ist organisch

Bestandteil	Einsatzmenge [Gew.-Tle]
Polypropylen: Medium Impact Copolymer	68,2
Polyolefin Elastomer: Dichte 0,87 g/cm <sup>3</sup> MFR 5 g/10 min (190 °C, 2,16 kg)	10,0
Talk: D <sub>50</sub> 3,7 µm, D <sub>95</sub> 10,2 µm (Sedigraph-Verfahren, ISO 13317-3)	20,0
Schwarzpigment: Carbon Black MB	1,0
Kratzbeständigkeitsadditiv: -- keines (Referenz) -- Genioplast-Pellet 5 -- Wettbewerbsprodukt	0 (Referenz); 1 oder 2 oder 3
Calciumstearat	0,2
Sonstige Additive (Antioxidans, UV-Stabilisator)	0,6

Setzt man dagegen ein ultrahochmolekulares Siliconpolymer [3] als Additiv ein, ist das Blooming kein Thema. Das hohe Molekulargewicht macht ein Hinauswandern des Silicons praktisch unmöglich, erschwert aber die Verarbeitbarkeit des Siliconpolymers: Wegen seiner extrem hohen Viskosität lässt es sich nur mit großem Aufwand in thermoplastische Kunststoffmischungen einarbeiten.

Das Handlingproblem lösen die seit Ende der 1990er-Jahre erhältlichen Silicon-Masterbatches. Bei ihnen dient ein thermoplastisches Polymer, das mit dem zu modifizierenden Thermo-

plasten kompatibel ist, als Träger für das Silicon. Als festes Granulat lassen sich diese Masterbatches ohne Schwierigkeiten verarbeiten. Jedoch muss der Compoundierer für jeden Thermoplast ein eigenes Additiv-Masterbatch vorhalten.

Den aktuellen Stand der Technik repräsentieren die Siliconpellets Genioplast Pellet 5 der Wacker Chemie AG, München, die 2004 auf den Markt kamen. Dieses ebenfalls problemlos zu verarbeitende Additiv besteht aus einer granulierten, hochkonzentrierten Siliconpolymer-Formulierung [4]. Der Silicongehalt des Produkts beträgt 70 %. Als

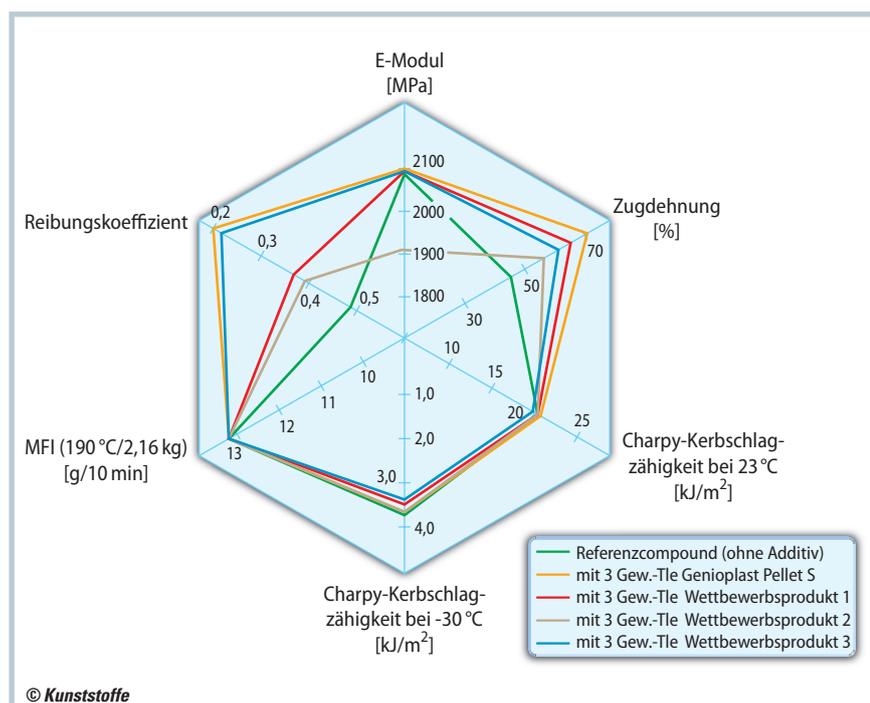
Trägermaterial dient eine pyrogene Kieselsäure. Ihre Eigenschaften sind auf das eingesetzte Polydimethylsiloxan abgestimmt.

### Wirkung durch Trägermaterial

Zur Wirkung der pelletierten Siliconpolymer-Formulierung trägt nicht nur der Siliconwirkstoff, sondern in hohem Maße auch pyrogene Kieselsäure als Trägermaterial bei. Unter anderem übernimmt die pyrogene Kieselsäure folgende Funktionen [4]:

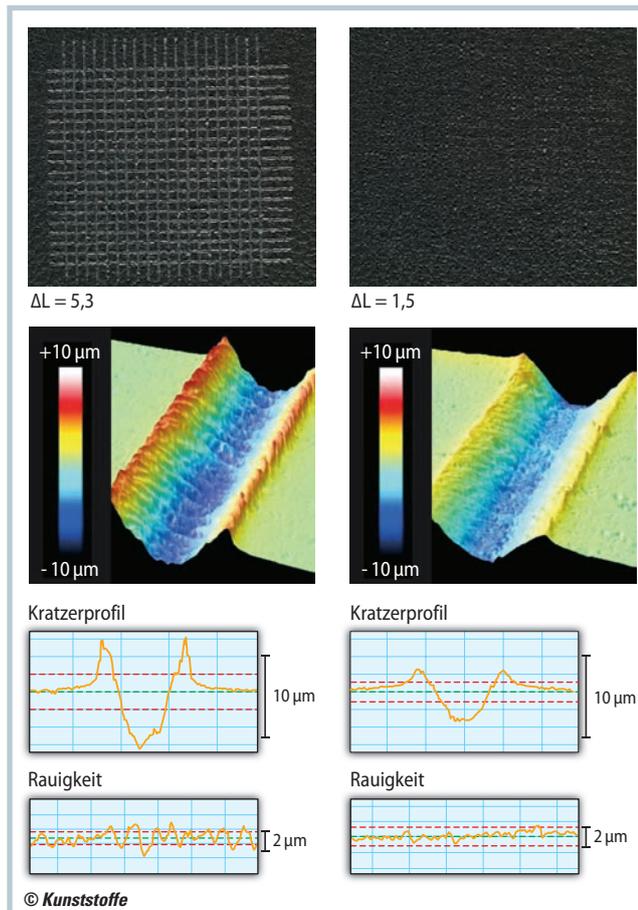
- Erstens verleiht sie der Siliconpolymer-Formulierung die zur Compoundierung notwendige hohe Standfestigkeit. Die Pellets behalten ihre Form, solange nicht zu hohe Druckkräfte einwirken. Ihre Einarbeitung gelingt ohne Schwierigkeiten im Co-Knetter oder im Doppelschneckenextruder, wenn sie mittels Spiralförderer oder Flex-Wall-Dosiergerät gefördert werden.
- Zweitens bewirkt die pyrogene Kieselsäure, dass dieses Additiv mit sämtlichen Thermoplasten und thermoplastischen Elastomeren kompatibel ist. Der Compoundierer benötigt daher nur noch ein einziges Siliconadditiv, um unterschiedliche thermoplastische Kunststoffe zu optimieren. Dies ist ein großer Vorteil gegenüber den Silicon-Masterbatches.
- Drittens verankert die Kieselsäure den Siliconwirkstoff in der Kunststoffmischung. Das Siliconpolymer migriert wegen seines hohen Molekulargewichts generell nicht aus der Kunststoffmatrix. Die Verankerung macht die Wirkung des Additivs permanent und schafft zusätzliche Sicherheit vor ungewünschtem Blooming. Die Verankerung entsteht dadurch, dass die pyrogene Kieselsäure im Kunststoff einerseits durch physikalische Wechselwirkungen an das Siloxangerüst angebunden ist und sich andererseits mechanisch mit dem organischen Polymer verkrallt.

In den anwendungstechnischen Labors von Wacker wurden die Wirkungen des Additivs auf unterschiedliche thermoplastische Kunststoffe untersucht, z.B. Polyolefine, verschiedene technische Kunststoffe und thermoplastische Elastomere [5]. Unter den untersuchten Mischungen waren talkumgefüllte Po-



**Bild 1.** Wirkungsvergleich von Polypropylen-Compounds mit und ohne reibungsvermindernde Additive (Mischungen aus Tabelle 1, Werte nach üblichen DIN-Normen)

**Bild 2.** Genarbte Prüfplatten aus talkumgefülltem Polypropylen wurden nach der Durchführung des Erichsen-Kratztests konfokal-mikroskopisch untersucht: Ergebnisse für das Referenz-Compound in der linken Bildreihe, Ergebnisse für die Mischung, die mit Siliconpellets additiviert wurde, in der rechten Bildreihe. Das Siliconadditiv reduziert die Tiefe und die Rauigkeit eines Kratzers



eine typische PP/Talk-Formulierung, die mit den zu prüfenden Additiven versetzt wurde (Tabelle 1). Aus den Mischungen wurden Prüfplatten in einer Spritzgießmaschine hergestellt, diese in ihrer Oberflächenqualität nach Industriestandards bewertet und hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften geprüft. Untersucht wurden auch das Fogging-Verhalten und der Einfluss der Additive auf die Fließfähigkeit der Polymer-schmelze.

Bild 1 zeigt die wichtigsten Ergebnisse: Genioplast Pellet S erniedrigt den Reibungskoeffizienten erheblich, wobei sich die Oberfläche glatt und trocken anfühlt. Die Siliconpellets verbessern die Zugdehnung, ohne den Elastizitätsmodul oder die Schlagzähigkeit zu verringern. Mechanische und Fließigenschaften bleiben unverändert.

Als Folge der reduzierten Oberflächenreibung erhält der Kunststoff eine höhere Kratz- und Abriebbeständigkeit. Dieser Effekt ist bei einer Additivierung mit 3% des pelletierten Siliconadditivs deutlich ausgeprägt, wie die Untersuchung eines Kratzers mithilfe eines Konfokalmikroskops [5] zeigt (Bild 2): Das Profil des Kratzers wird flacher, die Oberfläche innerhalb des Kratzers weniger rau.

Auch bei allen anderen Prüfungen – etwa zur Sichtbarkeit von Kratzern, beim Schreibtest nach GME 60280, bei der Abriebprüfung mit dem Crockmeter nach ISO 105-X12 und bei der Prüfung des Fogging-Verhaltens nach DIN 75201 – schnitten die Siliconpellets sehr gut ab, wohingegen das organische Wettbewerbsprodukt Schwächen zeigte.

Die Ergebnisse belegen, dass der Wirkstoff der Siliconpellets nicht aus der Kunststoffmatrix wandert. Geruchsbelastigungen, Fogging und Blooming sind somit ausgeschlossen. Erklären lassen sich diese Effekte dadurch, dass der Wirkstoff zwar infolge seiner niedrigen Oberflächenenergie wie gewünscht zu den Grenzflächen wandert und dass die Enden der langen Siloxanketten aus dem Kunststoff herausstehen, aber die Siliconmakromoleküle fest in der Kunststoffmatrix verankert sind.

Ein Zusatz der Siliconpellets kann auch die Oberflächeneigenschaften von vielen technischen Kunststoffen und thermoplastischen Elastomeren positiv beeinflussen. Diese Kunststoffe

lypropylen-Systeme, wie sie im Innenraum von Kraftfahrzeugen eingesetzt werden, und halogenfrei flammhemmend ausgerüstete Polyolefin-Blends für Kabelummantelungen.

### Kratzer weniger sichtbar

Im Auto bestehen die Verkleidungen der Türen, der Säulen und des Kofferraums sowie das Gehäuse der Mittelkonsole und Teile des Armaturenbretts meist aus talkumgefülltem Polypropylen (PP/Talk). Die Automobilindustrie erwartet, dass die Oberflächen über die gesamte Nutzungsdauer des Fahrzeugs einen wertigen Eindruck vermitteln. Gefordert sind

daher eine hohe Kratz- und Abriebbeständigkeit sowie gute haptische Eigenschaften. Ferner soll der Kunststoff keine Substanzen an die Umgebung abgeben. Neben dem Blooming sind auch das sogenannte Fogging – das Niederschlagen von Belägen auf der Windschutzscheibe – und unangenehme Gerüche im Innenraum unerwünscht. Die Formteile müssen auch hinreichend schlagzäh und steif sein.

In den Laborprüfungen [5] standen daher diese Eigenschaften im Mittelpunkt. Bei den Tests wurden die Siliconpellets mit einem organischen und zwei siliconbasierten Wettbewerbsprodukten verglichen. Als Basis und Referenz diente

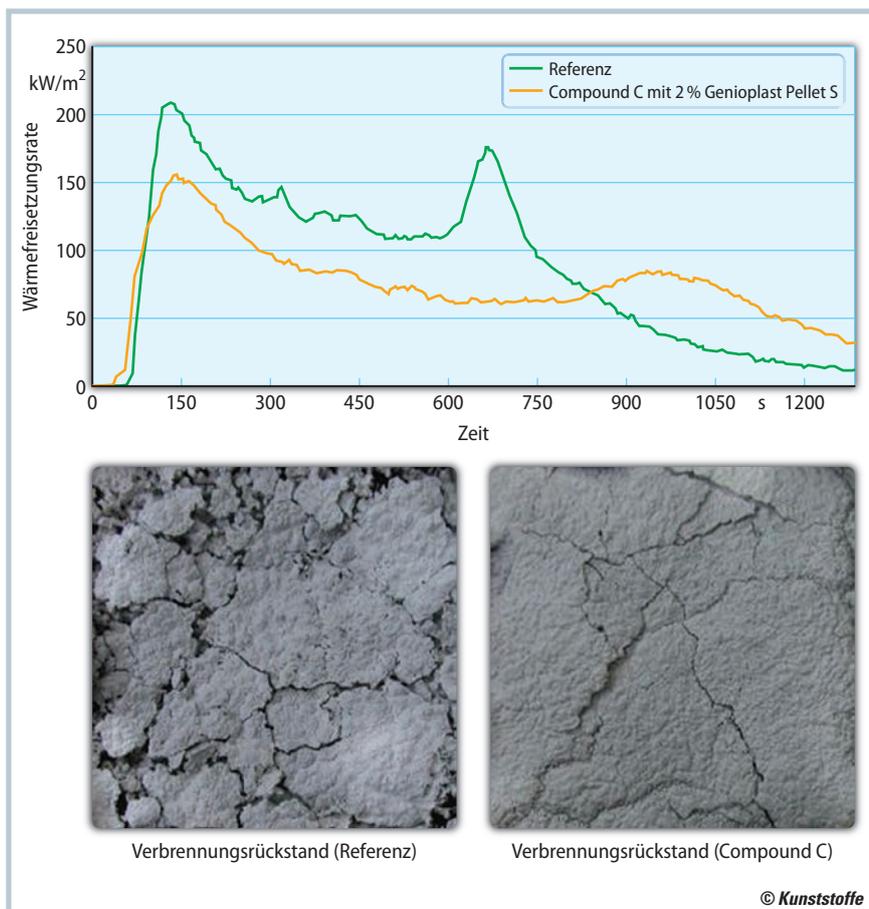
Bestandteil	Anteil [phr]			
	Referenz	Compound A	Compound B	Compound C
EVA (18 % VA)	73	73	73	73
m-PE-LLD	19	19	19	19
MAH-g-PE-LLD	8	8	8	8
ATH	160	160	160	160
Antioxidans	0,75	0,75	0,75	0,75
Genioplast Pellet S	0	1	3	5

**Tabelle 2.** Zusammensetzung der untersuchten Kabelmantel-Mischungen

	Referenz	Comp. A	Comp. B	Comp. C
<b>Extrusionsparameter<sup>1</sup></b>				
Drehmoment [%]	72	70	68	66
Düsenvordruck [bar]	33	28	28	26
Stromstärke [A]	38,9	37,8	36,9	35,5
<b>Compound-Eigenschaften</b>				
Reißfestigkeit [MPa]	12,7	12,4	12,4	12,2
Reißdehnung [%]	69	81	83	77
Schmelzflussindex, MFI (190 °C/21,6 kg) [g/10 min]	11,4	11,6	12,9	13,5
Reibungskoeffizient	0,52	0,33	0,31	0,27
<b>Brandschutzeigenschaften</b>				
Sauerstoffindex (LOI) [% O <sub>2</sub> ]	32	32	33	33
Entzündungszeit [s]	68	–	–	61
maximale Wärmefreisetzung [kW/m <sup>2</sup> ]	203	–	–	151
totale Wärmeentwicklung [MJ/m <sup>2</sup> ]	110	–	–	102
totale Rauchentwicklung [m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	866	–	–	313
Brennzeit [s]	1217	–	–	1820

<sup>1</sup> Compounding mit dem Doppelschneckenextruder KraussMaffei Berstorff ZE 25 (Schneckendurchmesser 25 mm, L/D 47, Extruderdrehzahl 200 rpm, Durchsatz 10 kg/h)

**Tabelle 3.** Extrusionsparameter und Eigenschaften der untersuchten Kabelmantel-Mischungen (die Daten zu den Brandschutzeigenschaften (mit Ausnahme des LOI) wurden durch Cone-Kalorimetrie ermittelt)



**Bild 3.** In ATH-gefüllten Polyolefin-basierten Kunststoffmischungen unterstützt das pelletierte Siliconadditiv die flammhemmende Wirkung des ATH, wie die Cone-Kalorimetrie zeigt (Bild oben). Das Additiv wirkt dabei als Ascheschichtbildner: Verbrennungsrückstand der Referenzmischung ohne Additiv (Bild unten links), Verbrennungsrückstand einer Kunststoffmischung mit Genioplast Pellet S (Bild unten rechts)

werden ebenfalls kratz- und abriebbeständig.

### Extrusion und Flammfestigkeit verbessert

Kunststoffmischungen zur Herstellung von Ummantelungen für Niederspannungskabel basieren auf Polyolefinen (**Titelbild**). Diese sind häufig mit Aluminiumtrihydroxid (ATH) flammhemmend ausgerüstet. Bei der Extrusion können sich diese hochgefüllten Mischungen kurzzeitig so stark erhitzen, dass das ATH und weitere wenig temperaturbeständige Hilfsstoffe beginnen, sich zu zersetzen. Dies kann an der Extruderdüse zur Bartbildung und damit zu schwankenden Wanddicken des extrudierten Kabelmantels führen.

Die anwendungstechnische Prüfung verschiedener ATH-gefüllter Polyolefine zeigt, dass eine Additivierung mit Siliconpellets deutliche Vorteile für die Herstellung und Verarbeitung der Mischungen liefert. Sie steigert die Qualität des Kunststoffs und unterstützt synergistisch die flammhemmende Wirkung des ATH. Dies verdeutlichen auch die Ergebnisse der Untersuchung einer Mischung, die in der Kabelbranche als repräsentativ

## Die Autoren

**Dr. Michael Geck** ist als Senior Technical Manager im Bereich Global Product Development bei der Wacker Chemie AG, München, für das Segment Kunststoffadditive zuständig; michael.geck@wacker.com

**Dr. Klaus Pohmer** ist als Leiter des Global Business Development im Bereich Performance Silicones bei der Wacker Chemie AG, München, für die weltweite Vermarktung von Siliconadditiven verantwortlich; klaus.pohmer@wacker.com

## Service

### Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/878260](http://www.kunststoffe.de/878260)

### 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)

gilt. Die Rezepturen sind in **Tabelle 2** zusammengestellt, die ermittelten Extrusionsparameter und Materialeigenschaften in **Tabelle 3**.

So erniedrigt das Additiv die Schmelzeviskosität. In der Folge stellt sich am Extruder ein niedrigerer Düsenvordruck ein, wodurch zum Extrudieren ein niedrigeres Drehmoment genügt und der Stromverbrauch sinkt. Auch lässt sich die Extrusion schonender fahren, sodass die Temperaturspitzen weniger hoch ausfallen. Zusätzlich verbessert der Siliconwirkstoff die Anbindung des ATH an die Polymermatrix und sorgt so für eine bessere Dispergierung. Beides, der schonende Prozess und die gute Dispergierung, verringern die Bartbildung.

Beobachtet wurde auch, dass der Zusatz des pelletierten Siliconadditivs die Brandschutzeigenschaften des Kunststoffes positiv beeinflusst. Wie die Ergebnisse der Cone-Kalorimetrie (**Bild 3**) zei-

gen, verteilt das Additiv die Wärmefreisetzung über einen längeren Zeitraum, senkt den Spitzenwert der Wärmeentwicklung, verringert die gesamte Wärmeabgabe und reduziert die Rauchbildung. Grund ist die kompaktere und weniger spröde Asche, die sich als Kruste auf dem brennenden Prüfkörper absetzt. Dieser Brandrückstand behindert den Sauerstofftransport und den Wärmedurchgang.

Hohe Anforderungen an die Brandschutzeigenschaften bestehen auch bei Aluminium-Verbundplatten (ACP). Solche Leichtbauplatten werden in der Bauindustrie für Fassadenverkleidungen von Büro-, Geschäfts- und Industriebauten eingesetzt. Der Kunststoffkern dieser sandwichartig aufgebauten Platten ist ähnlich zusammengesetzt wie die Mischungen, aus denen Kabelmängel extrudiert werden. Etliche ACP-Hersteller nutzen bereits das Siliconadditiv als Pro-

zesshilfsmittel und zur Erhöhung der Flammfestigkeit.

### **Fazit und Ausblick**

Wie aus den Untersuchungsergebnissen hervorgeht, hat das universell für alle thermoplastischen Kunststoffe geeignete Siliconadditiv prinzipiell zwei Wirkungen: Zum einen wirkt es bei niedrigen Einsatzmengen als Prozesshilfsmittel und ermöglicht somit Kosteneinsparungen. Etwas höher dosiert, verbessert es zum anderen zusätzlich wichtige Gebrauchseigenschaften des Kunststoffes, erschließt also einen Weg zur Steigerung der Wertschöpfung. Wegen seiner vorteilhaften Eigenschaften hat sich das Additiv in der Kunststoffindustrie gut etabliert. Seit Kurzem steht auch eine Variante (Genioplast Pellet P plus) bereit, die für den Kontakt mit Lebensmitteln zugelassen ist [6]. ■

© Carl Hanser Verlag, München. 2014. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe dieses Sonderdrucks und der Übersetzung behält sich der Verlag vor.

**WACKER**

CREATING TOMORROW'S SOLUTIONS

UPGRADE  
YOUR PERFORMANCE!

GENIOPLAST®

Sometimes, it takes just a little genius to cause huge effects: our GENIOPLAST® Pellet S is compatible with all thermoplastic polymers and is ideal for integration into continuous production processes. Moreover, it optimizes polymer compounds by improving their mechanical and flow properties, scratch resistance and demoldability. The result is an improved formulation quality. Or in other words: a performance upgrade! New: GENIOPLAST® Pellet P Plus approved for applications in contact with food. More information at [www.wacker.com/genioplast](http://www.wacker.com/genioplast)

Wacker Chemie AG, Tel. +49 89 6279-1741, [info@wacker.com](mailto:info@wacker.com), [www.wacker.com/socialmedia](http://www.wacker.com/socialmedia)