

# Teamwork für bessere Leistung

## Additivkombination verbessert Eigenschaften und Verarbeitbarkeit von bioabbaubaren Kunststoffen

Biologisch abbaubare Polyester sind schwierig zu verarbeiten. Geeignete Additive können die Verarbeitung erleichtern und die Materialeigenschaften der Polymere verbessern. Ein noch besseres Ergebnis verspricht die Kombination zweier solcher Zusatzstoffe: Gemeinsam in die Polyester eingemischt, ergeben sich deutlich stärkere Effekte.



Das Additiv Vinnex 2525 erhöht die Schmelzfestigkeit von PLA und ermöglicht dadurch eine stabile Blasfolienextrusion und eine konstante Dicke der Folie © Wacker

**A**ngesichts des immer noch wachsenden Problems mit Kunststoffabfällen steigt das Interesse an biologisch abbaubaren Kunststoffen. Schließlich kann der biologische Abbau auch im Rahmen einer Kreislaufwirtschaft für Kunststoffe eine sinnvolle End-of-Life-Option darstellen [1,2]. Der Branchenverband European Bioplastics erwartet in den nächsten Jahren einen starken Ausbau der weltweiten Produktionskapazitäten bei diesen Kunststoffen, vor allem für biologisch abbaubare Polyester [3]. Allerdings sind ihren Anwendungsmöglichkeiten derzeit noch Grenzen gesetzt. Sie erreichen oft nicht das Eigenschaftsprofil, das Compoundeure, Kunststoffverarbeiter und Endverbraucher von herkömmlichen Thermoplasten gewohnt sind. Zudem sind sie schwierig zu verarbeiten. Beide Schwächen müssen bei der Compoundierung ausgeglichen werden.

Zur Modifizierung von biologisch abbaubaren Polyestern haben sich polymere organische Additive auf Basis von Polyvinylacetat bewährt. Diese werden etwa von dem Unternehmen Wacker unter dem Produktnamen Vinnex angeboten und sind in ihren Polaritäten exakt auf diese Polyester abgestimmt. Aufgrund der dadurch erreichten Verträglichkeit sind sie sehr wirk-

sam [4]. In der Kunststoffbranche bekannt sind auch die siliconbasierten Additive Genioplast Pellet des Chemiekonzerns, die sich universell zur Compoundierung von Thermoplasten eignen [5]. Diese Additive reduzieren Reibungseffekte, wirken dadurch als Prozesshilfsmittel und verbessern die Endigenschaften des Kunststoffs.

Anwendungstechniker von Wacker haben in einer Untersuchung nun überprüft, wie sich der kombinierte Einsatz beider Additivsysteme auf die Verarbeitungs- und die Materialeigenschaften von bioabbaubaren Polyestern auswirkt. Für die Tests wurden stellvertretend Polymilchsäure (PLA) und kalkgefülltes Polybutylensuccinat (PBS) ausgewählt. Somit konnten die Effekte der Additive anhand eines ungefüllten und eines gefüllten Polymersystems studiert werden.

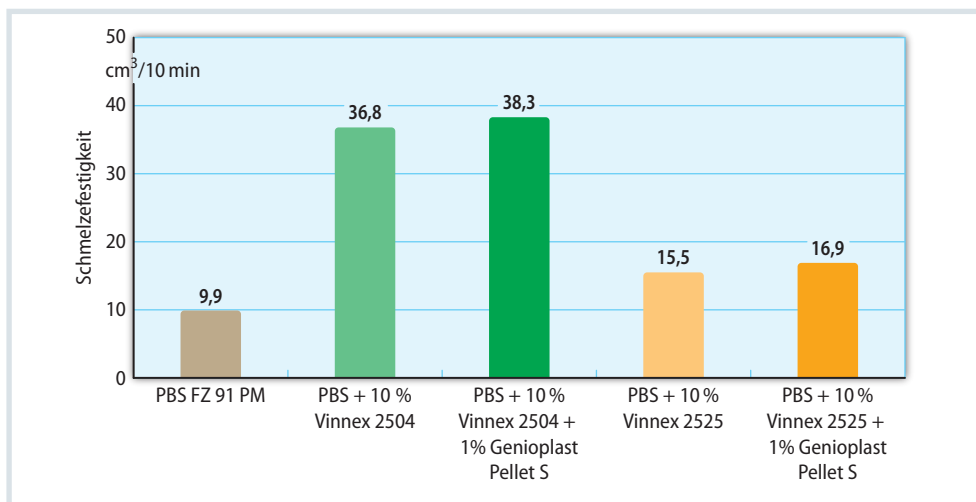
### Bioabbaubare Polyester PLA und PBS im Test

Als Polymermatrizes dienten zwei marktgängige Standardtypen der beiden Biopolyester: das PLA Ingeo Biopolymer 4043 D von Nature Works und das PBS BioPBS FZ 91 PM des Herstellers PTT MCC Biochem. Beide Polyester sind teilkristallin, werden aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt und sind seitens der Hersteller für die Folienherstellung optimiert. PLA ist als steifes und zugfestes Material bekannt, das außerordentlich spröde und bruchanfällig ist und nur eine geringe Wärmeformbeständigkeit aufweist [6,7,8]. Seine hohe Schmelzviskosität und geringe Schmelzfestigkeit erschweren die thermoplastische Verarbeitung. Nachteilig ist auch die niedrige Kristallisationsgeschwindigkeit [9], weshalb PLA-Artikel typischerweise durch Nachkristallisation noch spröder werden.

PBS ähnelt dagegen in seinen mechanischen Eigenschaften Polyolefinen [10]. Anders als PLA ist es ein biegsames und zähes Material mit hoher Zugfestigkeit. Mit seinem vergleichsweise hohen Kristallinitätsgrad [10] erreicht PBS eine hohe Wärmeformbeständigkeit [11,12]. Allerdings neigt es ebenfalls infolge seiner geringen Kristallisationsgeschwindigkeit zur Nachkristallisation [10,13,14].

### Die vier untersuchten Additive

In der Studie wurden Vinnex 2504, Vinnex 2525, Genioplast Pellet S und Genioplast Pellet P Plus als Additive ausgewählt. Vinnex



**Bild 1.** Die Kombination von Vinnex und Genioplast Pellet erhöht die Schmelzevolumenfließrate von gefülltem PBS besonders

Quelle: Wacker; Grafik: © Hanser

2504, ein Vinylacetat-Ethylen-Copolymer, steht in der Untersuchung stellvertretend für die pulverförmigen Typen der Produktreihe Vinnex. Compoundeure nutzen das Additiv vor allem, um Weichsegmente in die Kunststoffmatrix einzubringen. Vinnex 2525, ein in Granulatform bereitgestelltes Polymerharz, ist ein Polyvinylacetat-Homopolymer. Eingesetzt als Verarbeitungshilfsmittel, verbessert es die Fließfähigkeit, erhöht die Schmelzefestigkeit und verringert die Nachkristallisation von teilkristallinen Polyestern. Genioplast Pellet P Plus ist für den Kontakt mit Lebensmitteln zugelassen. Genioplast Pellet S ist vor allem für technische Anwendungen gedacht. In ihren technischen Eigenschaften unterscheiden sie sich nicht wesentlich. Im Folgenden wird daher nicht weiter zwischen beiden Typen differenziert.

Die Biopolyester wurden auf einem Doppelschneckenextruder des Typs Berstorff ZE-25 von KraussMaffei compoundiert. Die Mischungen wurden granuliert und zu Probekörpern – spritzgegossenen Prüfplatten, Fließspiralen, Blasfolien und Pressplatten – verarbeitet, die nach Industriestandards geprüft und bewertet wurden. Als Referenz dienten die nicht additvierten bioabbaubaren Polyester. Sie wurden auf die gleiche Weise verarbeitet. Zur Herstellung der additvierten Compounds wurde den Polyestern entweder eine der beiden Vinnex-Typen oder eine Kombination aus einer Vinnex-Type und Genioplast Pellet zugesetzt. Die PLA-basierten Compounds waren stets ungefüllt, die PBS-basierten enthielten hingegen 15 % Kreide.

### *Siliconadditive senken Stromkosten in der Verarbeitung*

Bei der Compoundierung des gefüllten PBS verringert der Zusatz der reibungsvermindernden Siliconpellets das Drehmoment, das dem Extruder bei der Herstellung der gefüllten PBS-Compounds abverlangt wird, und führt zu einer niedrigeren Stromaufnahme. Die beobachteten Effekte sind zwar klein, können aber in Großanlagen spürbare finanzielle Einsparungen ergeben.

Das Fließverhalten der geschmolzenen Compounds wurde anhand der Schmelzevolumenfließrate nach DIN EN ISO 1133 und eines Fließspiralentests geprüft. Im Fließspiralentest sorgt die Kombination aus beiden Additivsystemen für einen längeren Fließweg. Der Zusatz der Additivkombination steigert in der Regel auch erheblich die Schmelzevolumenfließrate, wobei sich

Kombinationen mit Vinnex 2504 besonders vorteilhaft auf die Fließfähigkeit der Schmelze auswirken (**Bild 1**).

Zusätzlich zu Vinnex eingesetzt, beeinflusst Genioplast Pellet vor allem die Werkstoffeigenschaften. Besonders groß ist der Einfluss auf die Oberflächenqualität der Kunststoffe. Vinnex alleine verbessert beispielsweise die Oberflächenrauigkeit der Polyester nicht. Erst die Zugabe von Genioplast verringert die Reibungseffekte. Dadurch lässt sich sowohl bei PLA als auch bei kalkgefülltem PBS ein Gleitreibungskoeffizient von unter 0,3 erreichen, »



Experte (m/w/d)  
Thermisch leitfähige  
Polymercompounds

Jetzt  
QR-Code  
scannen und  
bewerben!

Norderstedt bei Hamburg | tesa Headquarter

#### Zeit für eine Veränderung?

Mit einem soliden Rohstoff- und Formulierungs-Know-how, Problemlösungskompetenz und einem innovativen Mindset entwickeln Sie thermisch leitfähige Klebebänder in einem internationalen Umfeld. Sie koordinieren Aktivitäten, leiten Projekte und managen IP.

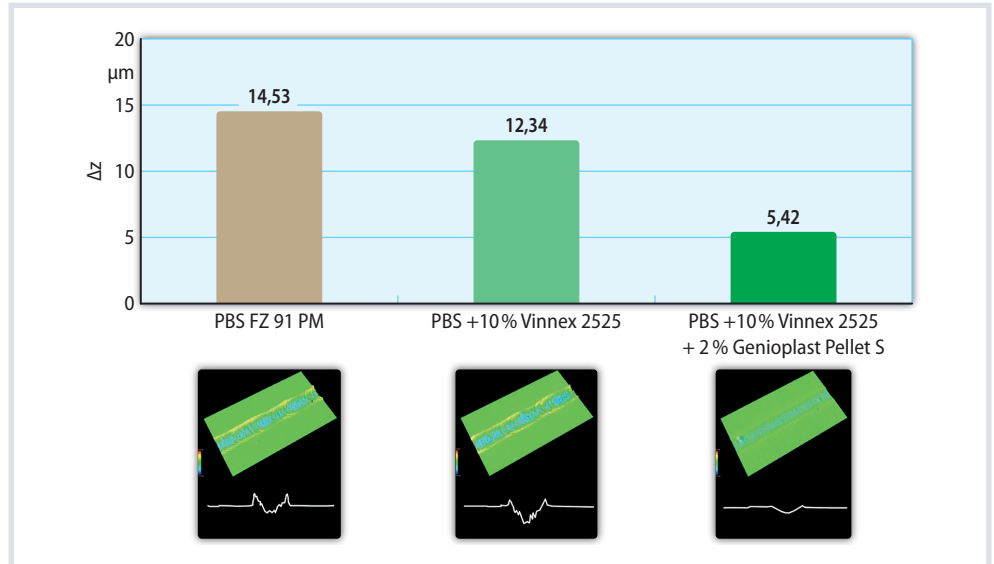
In Verbindung mit einer attraktiven Vergütung sowie fach- und bereichsübergreifenden Entwicklungsmöglichkeiten bietet tesa Ihnen den Freiraum, Ihre Potenziale zu entfalten.



[tesa.de/company/karriere](https://tesa.de/company/karriere)

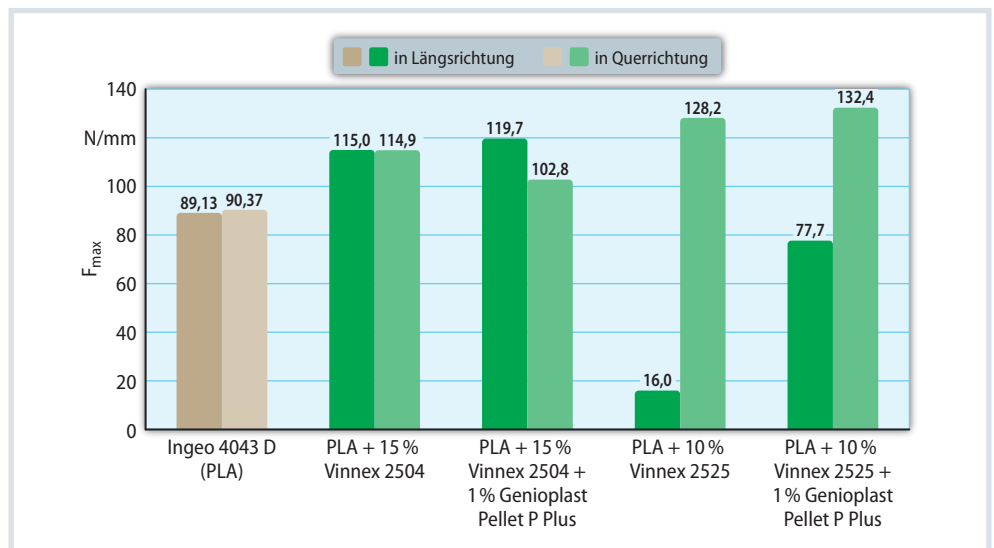
**Bild 2.** Untersuchung von Kratzern in Prüfplatten aus kreidegefülltem PBS (Kratzertiefe  $z$  in der Grafik, Kratzerprofile in den Aufnahmen): Bei dem sowohl mit Vinnex und Genioplast additivierten Compound (rechts) fällt der Kratzer deutlich flacher und weniger rau aus, als bei dem nicht (links) und dem nur mit Vinnex 2525 additivierten Compound (Mitte)

Quelle: Wacker; Grafik: © Hanser



**Bild 3.** Die Kombination von Vinnex 2504 und Genioplast Pellet vergrößert die Weiterreißfestigkeit von PLA-Blasfolien sowohl in Längs- als auch in Querrichtung, die Kombination aus Vinnex 2525 und Genioplast Pellet erhöht sie hingegen nur in Querrichtung

Quelle: Wacker; Grafik: © Hanser



## Die Autoren

**Dr. Lada Bemert** arbeitet als Head of Business Incubator und Senior Business Development Manager bei der Wacker Chemie AG. Sie ist im Geschäftsbereich Polymers weltweit für die Geschäftsentwicklung der Produktgruppen Vinnex und Nexiva zuständig; lada.bemert@wacker.com

**Oliver Fuhrmann** ist bei Wacker im Geschäftsbereich Silicones als Senior Technical Manager Plastics für die Produktlinie Genioplast Performance Additives zuständig; oliver.fuhrmann@wacker.com

**Karl Weber** ist Senior Technical Manager im Geschäftsbereich Polymers bei Wacker; karl.weber@wacker.com

## Service

### Literatur & Digitalversion

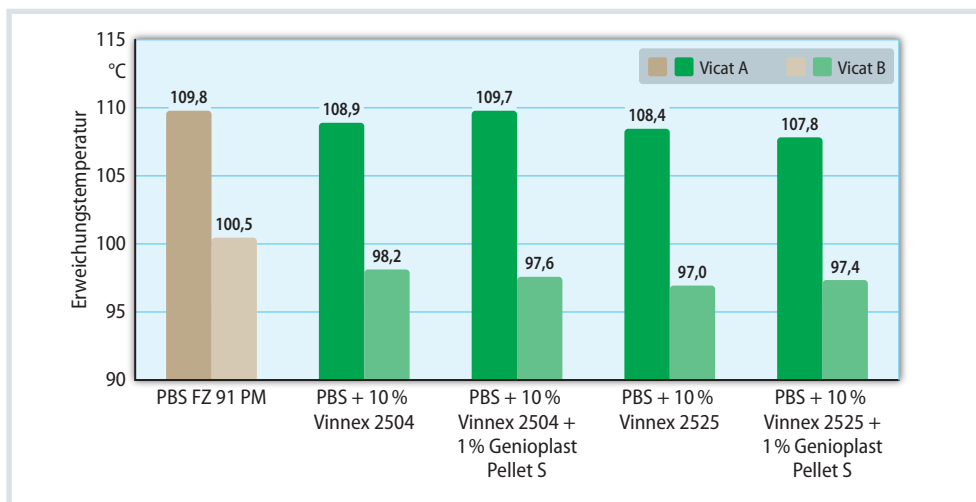
Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/onlinearchiv](http://www.kunststoffe.de/onlinearchiv)

wie ihn Kunststoffverarbeiter für viele Anwendungen fordern. Bei PLA gelingt das durch den kombinierten Zusatz von Vinnex 2504 und Genioplast Pellet. Bei gefülltem PBS bietet sich das Einmischen von Vinnex 2525 mit Genioplast Pellet an.

Als Folge der reduzierten Oberflächenreibung erhalten die Biopolyester eine höhere Abrieb- und Kratzfestigkeit. Das belegen die visuelle Beurteilung der Abriebfestigkeit im Crockmeter-Test und die gravimetrische Bestimmung des Abriebs im Reibradverfahren nach DIN 53754. Besonders deutlich wird die reibungsvermindernde Wirkung bei einer konfokalmikroskopischen Untersuchung von Kratzspuren, die mit einem Ritzhärteprüfgerät (Modell 430 P-I, Hersteller: Erichsen) auf glatten Spritzgussprüfplatten erzeugt wurden: Mit Genioplast Pellet fallen die Kratzer weniger tief aus, das Kratzerprofil wird flacher und die Oberfläche innerhalb des Kratzers weniger rau. Sehr stark ausgeprägt ist dieser Effekt bei einer Einsatzmenge von 2 % des Additivs (Bild 2).

### Verbesserungen in Längs- oder Querrichtung?

Bei den mechanischen Eigenschaften zeichnete sich in der Untersuchung ein uneinheitliches Bild ab. In etlichen Fällen



**Bild 4.** Die Additivkombinationen verringern die Erweichungstemperatur von kalkgefülltem PBS nur unwesentlich

Quelle: Wacker; Grafik: © Hanser

brachten Kombinationen aus den beiden Additiv-Typen Verbesserungen, in anderen nicht. Die Effekte hängen von der eingesetzten Vinnex-Type ab und unterscheiden sich je nach Polyestermatrix. Beispielsweise lässt sich mit der Kombination der beiden Additive bei kalkgefülltem PBS eine höhere Bruchdehnung erreichen, wohingegen die Bruchdehnung ungefüllter PLA praktisch unverändert bleibt.

Vinnex 2504 wirkt erwartungsgemäß für PLA als Schlagzähmodifizierung, nicht jedoch Vinnex 2525. Die Kombination von Vinnex 2504 und Genioplast Pellet erhöht die Weiterreißfestigkeit von PLA-Blasfolien sowohl in Längs- als auch in Querrichtung. Zusammen mit Vinnex 2525 wird hingegen eine starke Verbesserung in Querrichtung erreicht (**Bild 3**). Die Weiterreißfestigkeit der Folien wurde in der Winkelprobe nach Graves (DIN 53525) ermittelt. Die mechanischen Eigenschaften verbessern sich, ohne dass der Additivzusatz die Wärmeformbeständigkeit verschlechtert. Das belegt die Messung der Vicat-Erweichungstemperaturen (**Bild 4**) nach DIN EN ISO 306 (Verfahren A und B).

### Fazit

Die Untersuchungen zeigen, dass sich Vinnex und Genioplast Pellet in ihren Wirkungen ergänzen und in Kombination stärkere Effekte erzeugen, als einzeln. Sowohl die Verarbeitungs- als auch die Materialeigenschaften der biologisch abbaubaren Polyester verbessern sich mit der Additivkombination deutlich. Besonders nützlich ist die Kombination beider Additivsysteme bei der Herstellung von Blasfolien. Bei diesen erhöht Vinnex die Fließfähigkeit und die Festigkeit der Schmelze, während Genioplast Pellet durch Verringerung der Oberflächenreibung die Abzugs- und Wickelgeschwindigkeit vergrößert.

Generell beeinflusst Vinnex in der Additivkombination vorrangig das Verhalten der Polymerschmelze und damit die Verarbeitungseigenschaften, wobei in vielen Fällen die Auswahl der verwendeten Type einen großen Einfluss auf die erzielte Wirkung hat. Zusätzlich zu Vinnex eingesetzt, modifiziert Genioplast Pellet vor allem die Materialeigenschaften. Es verbessert die Oberflächeneigenschaften der bioabbaubaren Polyester, ohne die Oberfläche mit einem flüssigen Gleitfilm zu belegen. Generell wirkt sich ein Zusatz des Additivs stärker auf gefüllte als auf ungefüllte Polymersysteme aus.

Die Kombination beider Additivsysteme kann dazu beitragen, den bioabbaubaren Polyestern weitere Anwendungen zu erschließen. Die Verarbeitungs- und Leistungs Nachteile gegenüber herkömmlichen Thermoplasten, die den Einsatz dieser Polymere bislang begrenzten, verringern sich mit der Additivkombination deutlich. In den üblichen Einsatzmengen und abhängig vom jeweiligen System führen die beiden Additive zu keiner Beeinträchtigung der Abbaubarkeit von etwa PBS, PLA und thermoplastischer Stärke und Kombinationen aus diesen bioabbaubaren Polymeren. ■

## CT-Mess- ergebnisse, denen Sie vertrauen können



Seeing beyond



**Nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018  
akkreditierte CT-Prüftechnik in  
Essingen**

Defektanalyse, P201/202, Montagekontrolle, Soll-Ist-Vergleiche,  
Erstbemusterung, Reverse Engineering, Röntgenmikroskopie u.v.m

[ctdl.metrology@zeiss.com](mailto:ctdl.metrology@zeiss.com) // Tel. +49 7365 9645-60